

# NOVC형식 하이브리드 자동차의 최고 출력측정방법 연구

김주원\* · 용기중\*\*

## A Study on Maximum Power Measurement Method for NOVC-type Hybrid Electric Vehicle

Joowon Kim\*, Geejoong Yong\*\*

**Key Words** : Maximum power measurement method(최고 출력측정방법), NOVC(자동차 시동을 끄지 않고 충전하는 방식), HEV(하이브리드자동차), Charging(충전), Discharging(방전), Traction battery(구동축전지)

### ABSTRACT

UNECE/WP29/GRPE/EVE has recently defined that the power of a hybrid electric vehicle is the system power. Although a method for measuring the maximum power of a hybrid electric vehicle is presented by KATRI, it does not consider charging and discharging characteristics of traction batteries. This study provides a maximum power measurement method which reflects the charging and discharging characteristics of traction batteries in NOVC-HEVs (Not Off Vehicle Charging-Hybrid Electric Vehicles). Both methods are compared with regard to the output measurement results.

### 1. 서론

21세기로 접어들면서 자동차 산업은 에너지효율 향상과 유해 배기배출물 저감의 문제를 해결하고자 기존의 내연기관과 전기동력시스템을 결합한 하이브리드자동차에 관심을 기울여 왔다<sup>(1)</sup>. 하이브리드자동차는 구동축전지의 충전방식에 따라 시동을 끄지 않고 충전하는 방식(NOVC, Not Off Vehicle Charging)과 시동을 끄고 충전하는 방식(OVC, Off Vehicle Charging)으로 구분할 수 있다<sup>(2)</sup>.

특히 NOVC의 경우 구동축전지의 충전과 방전특성에 따라 최고출력이 달라질 수 있다. 하이브리드자동차는 원동기가 두 개 이상이므로 각각의 출력측정은 대표출력으로 의미가 없으므로 선행연구<sup>(3)</sup>에서 전체 시스템에서 출력을 측정하는 방법을 제시한 바 있다.

플러그인 하이브리드자동차와 같은 OVC형식인 경우 난

기운전 후 외부전원을 통한 구동축전지의 완전 충전이 가능하나, NOVC형식인 경우 운전조건에 따라 구동축전지의 충전과 방전특성이 다르므로 이를 고려한 출력측정방법이 필요하다. 국제 연구동향으로 SAE와 ISO에서 하이브리드 자동차의 시스템출력시험방법을 표준화하고 있다. 그러나 SAE는 구동축전지의 시험조건을 단순히 표준상태로 정하고 있고, ISO는 최대로 충전한 상태로 규정하고 있으나 그 세부적인 방법에 대한 절차는 아직 확정되지 않은 상태이다. 따라서 본 논문에서는 NOVC형식 하이브리드자동차에 대하여 정밀한 최고출력 측정방법을 제시하고자 한다. 그리고 병렬형과 복합형의 하이브리드자동차에 대하여 선행연구에서 제시된 방법과 본 연구논문에서 제시한 이 동평균을 취한 값과의 차이를 분석하였다.

### 2. 시험장비 및 시험조건

#### 2.1. 시험장비

시험장비는 자동차의 구동륜에서 발생된 동력을 흡수

\* 한국교통안전공단 자동차안전연구원

\*\* 경일대학교 기계자동차학부

E-mail : dragon@kiu.kr



Fig. 1 Powertrain test bed with traction battery monitoring and accelerator control devices for hybrid electric vehicles

할 수 있는 네 대의 저관성 고토크 동력계, 제어시스템, 각종 센서 입출력 모듈, 가속페달동작장치 및 제어 액추에이터, 냉각팬으로 구성되어 있다. Fig. 1은 하이브리드 자동차 출력시험장치인 파워트레인 시험대의 사진을 나타낸 것이다. 파워트레인 시험대란 시험자동차의 바퀴를 탈거하고 연결축을 통하여 회전수와 토크를 측정하고 제어할 수 있는 동력계 및 부속장치이다.

부하를 흡수할 수 있는 각각의 동력계는 최고출력 290 kW, 최대토크 2500Nm, 최대회전수 3000rpm의 저관성 동기형 AC동력계이다. 본 시험장치는 축거 1.8~3.8m, 운거 1.2~2.2m의 자동차를 시험할 수 있다. 구동축전지의 상태를 모니터링하기 위하여 전류센서를 설치하였고 전력분석기를 통하여 전압과 전류를 측정하였다. 시험의 재현성을 확보하기 위하여 가속페달장치를 설계 및 제작하였고 제어 액추에이터와의 연결을 통하여 자동실행이 가능하도록 구성하였다.

## 2.2. 시험조건

### 2.2.1. 시험자동차

시험자동차는 병렬형(Parallel type)과 복합형(Power split type)의 서로 다른 하이브리드 방식인 두 대의 자동차로 하였다. Table 1은 시험 자동차의 파워트레인(동력 발생장치 및 동력전달장치)의 주요 제원이다. 전동화율(electric fraction)은 내연기관과 구동전동기의 출력 합에 대한 구동전동기의 출력을 백분율로 나타낸 것으로 파워트레인이 얼마나 전동화가 되어있는지에 대한 척도이다.

Table 1 Specification of test vehicles

Test vehicles \ Power	ICE* (kW)	TM** (kW)	Drivetrain type	Electric fraction (%)
HEV 1 (Parallel)	117	35	AT(6)	23
HEV 2 (Power split)	72.1	53	e-CVT	42.4

\* ICE : Internal Combustion Engine

\*\* TM : Traction Motor

### 2.2.2. 시험조건 및 방법

도로 주행조건을 모사하기 위하여 도로부하의 재현이 파워트레인시험대에서 필요하며, 시험차 중량은 연료소비율시험방법 공동고시<sup>(7)</sup>에 의한 등가관성중량값을 사용하였고 타이어반경은 KS규격<sup>(8)</sup>에 표시된 동하중 반경을 사용하였다.

본 연구에서 제시한 방법은 구동축전지의 충전과 방전 특성을 반영하여 출력시험전 시험조건 속도를 정하고 구동축전지의 상태가 정속주행 조건에서 최대로 충전되었을 때(전압기준) 가속페달을 100%로 인가하여 최고출력 발생 차속 이상으로 구동한 후 가속페달을 0%로 해제하는 방법이다. Fig. 2는 시험사이클의 상세도를 나타낸 것이다. 데이터는 시험사이클 중 첫 번째 단계인 안정화 기간이 시작됨과 동시에 네 바퀴의 휠토크, 차속, 엔진회전수, 냉각수온도, 가속페달신호 등을 100Hz의 주기로 저장하였고, 전력분석기를 통한 구동축전지의 전압 및 전류 등은 20Hz 주기로 저장하였다.

데이터 처리 방식으로 각각의 속도마다 평균한 데이터 중 선행연구<sup>(3)</sup>에서 제시한 변동계수(COV) 2%이하 조건을 만족하는 차속과 그 때의 최고 출력값을 대표값으로 인정하였다. 시험실 분위기 조건은 연료소비율시험방법의 시험실 온도 20~30°C와 상대습도 30~70%내에서 유지되었다.

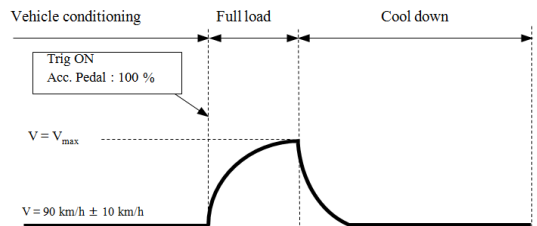
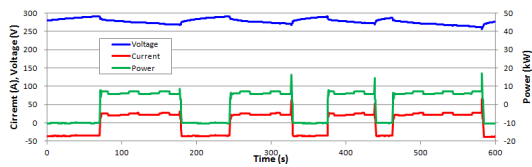


Fig. 2 Test cycle

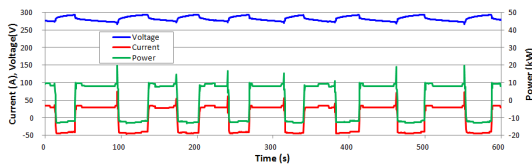
### 3. 시험결과 및 고찰

#### 3.1. 구동축전지 충방전 특성

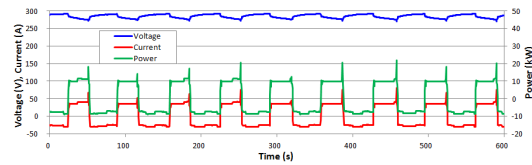
Fig. 3은 시험자동차 HEV 1에 대한 차속별 구동축전지의 충전 및 방전 특성을 나타낸 것이다. 차속 60, 70, 80, 90, 100km/h의 정속조건에서 약 10분간 구동축전지의 전압과 전류를 측정하였다. 차속 70km/h까지는 구동축전지의 전압 및 전류 곡선의 패턴이 불규칙적이며 폭의 충방전 시간의 변동도  $\pm 25s$  이상으로 큼을 알 수 있다. 차속 80km/h에서부터는 전압 및 전류 곡선의 패턴이 규



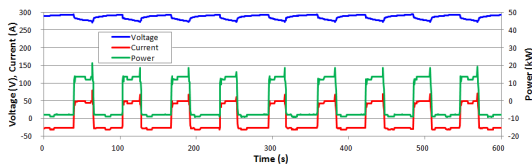
(a) V = 60 km/h



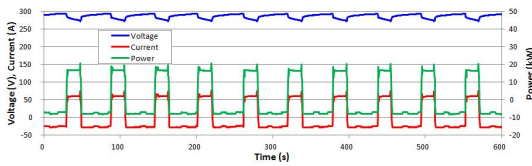
(b) V = 70 km/h



(c) V = 80 km/h



(d) V = 90 km/h

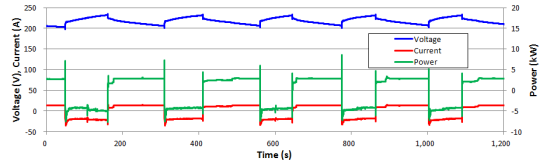


(e) V = 100 km/h

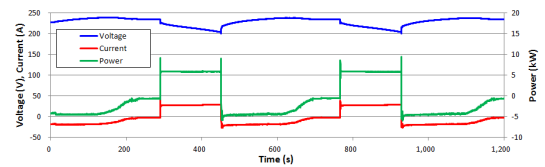
Fig. 3 Characteristics of charging and discharging for HEV 1

칙적으로 변하고 폭의 변동이  $\pm 5s$  수준으로 일정해 짐을 볼 수 있다. 따라서 출력측정을 위한 차속조건은 90km/h에서  $\pm 10km/h$ 의 범위를 설정하면 실제 주행상태에서 충전할 수 있는 최대치에 도달할 수 있음을 알 수 있다.

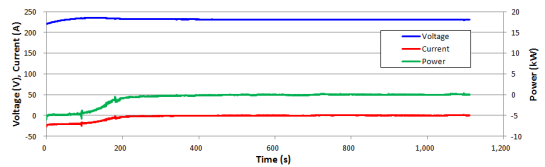
또한 안정된 충·방전조건인 차속 범위(80km/h~100



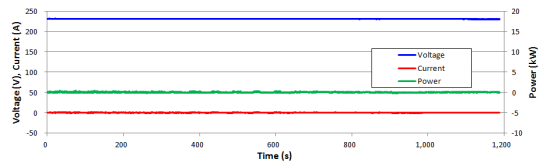
(a) V = 50 km/h



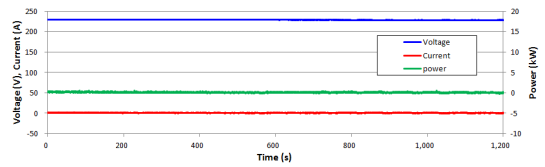
(b) V = 60 km/h



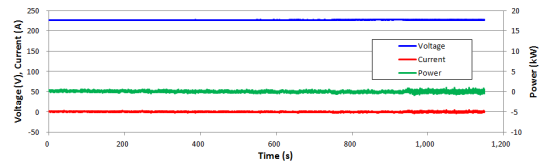
(c) V = 70 km/h



(d) V = 80 km/h



(e) V = 90 km/h



(f) V = 100 km/h

Fig. 4 Characteristics of charging and discharging for HEV 2

km/h)에서 최대 전압은 292~293V사이에서 형성되었다. 따라서 HEV 1에 대한 최고출력시험을 위한 트리거 조건은 구동축전지의 전압이 292V일 때로 선정하였다.

Fig. 4는 시험자동차 HEV 2에 대한 차속별 구동축전지의 충전 및 방전 특성을 나타낸 것이다. HEV 1과의 특성이 상이하여 차속 50, 60, 70, 80, 90, 100km/h의 정속조건에서 약 20분간 구동축전지의 전압과 전류를 측정하였다.

차속 50km/h에서 HEV 1과 유사한 충·방전 특성을 나타내었으나, 60km/h를 과도기로 70km/h에서 전압이 230V로 일정해지며, 차속이 증가할수록 약간 감소되어 100km/h에서 227V로 일정하게 유지되었다. 따라서 출력측정을 위한 차속조건은 HEV 1과 동일하게 90km/h에서 ±10km/h의 범위를 설정하면 실제 주행상태에서 충전할 수 있는 최대치 부근과 일정한 조건에 도달할 수 있음을 알 수 있다. 또한 안정된 충·방전조건인 차속 범위(80km/h~100km/h)에서 최대 전압은 227~230V사이에서 형성되었다. 따라서 HEV 2에 대한 최고출력시험을 위한 트리거 조건은 구동축전지의 전압이 228V일 때로 선정하였다.

### 3.2. 출력 측정

Fig. 5는 HEV 1을 대상으로 Fig. 2의 시험사이클에 따라 휠출력, 차속, 엔진회전수, 구동축전지 출력 및 전압을 측정한 결과이다. 구동축전지의 충방전 특성을 반영하여 정속 98km/h에서 주행 중 엑셀페달 전개(100%) 조건인 구동축전지 전압 292V에서 급가속하여 최고속도( $V_{max}$ ) 160km/h에 도달 한 후 엑셀페달을 다시 0%로 복귀시켰다.

HEV 1은 토크컨버터형 자동변속기를 장착하고 있어 각각의 곡선에서 두 번의 변속단계가 있음을 볼 수 있다. 구동축전지의 전압곡선은 292V에서 급가속에 의해 전력을 소모하여 243V까지 감소하였다. 휠출력은 두 번의 변

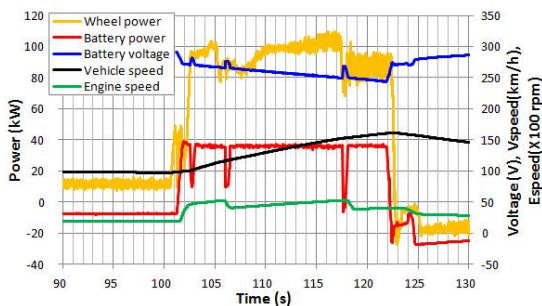


Fig. 5 Power, speed and battery voltage curve with time for HEV 1

속단계에서 각각 피크를 나타내었으며 선행연구<sup>(3)</sup>에서 사용한 출력결정 조건에 따라 Fig. 6과 같이 최고출력을 결정하였다. 구동축전지 출력은 두 번의 변속단계에 의해 네 부분으로 구분되었으며, 일정한 출력을 나타내고 있다. 각 부분의 평균값은 각각 37.6kW, 36.0kW, 36.0kW, 36.2kW 였다. 엔진회전수는 내연기관이 제원상에 표시된 최고출력 회전수 5500rpm에 도달했는지를 보기 위하여 측정하였으며, 두 번의 피크는 각각 5220rpm, 5280 rpm 이었다. 이로부터 휠출력은 내연기관이 충분히 최고 출력을 내고 있는 상태에서 측정된 값으로 동력전달계의 손실이 고려된 것임을 알 수 있다.

Fig. 6은 최고출력을 결정하기 위해 휠출력의 원데이터(raw data), 각 속도별로 평균한 휠출력 및 휠출력의 변동계수(COV)를 차속별로 나타낸 것이다. 차속 110km/h와 150km/h 부근에서 피크가 발생하며, 통계적 해석을 위하여 각각의 속도별로 평균한 휠출력을 표시하였다. 차속 111km/h에서 휠출력 101.8kW, 차속 149km/h에서 휠출력 104.4kW를 구하였다. 149km/h에서의 휠출력이 111km/h에서의 휠출력보다 2.6kW 크나 150km/h 부근에서의 출력의 변동이 2%보다 크기 때문에 선행연구<sup>(3)</sup>의 출력결정 판단기준에 따라 COV 2%이하인 출력 중 가장 큰 값인 101.8kW를 최고출력으로 결정하였다.

Table 2는 HEV 1을 대상으로 3회 출력시험을 실시하

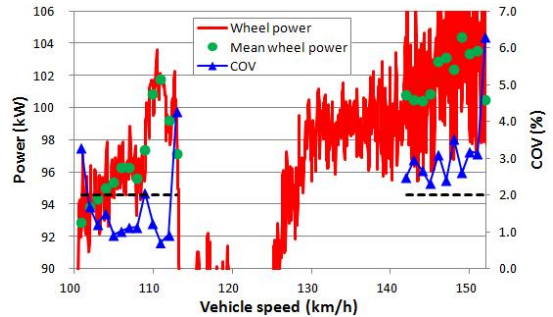


Fig. 6 Determination of max power for HEV 1

Table 2 Power test result for HEV 1

Test No.	Max Power (kW)	Power difference (%)	Vehicle Speed (km/h)	Speed difference (%)
1	101.8	-1.1	111	0.0
2	102.0	-0.9	111	0.0
3	104.8	1.8	110	-0.9
Mean	102.9	-	111	-

여 구한 최고출력과 최고출력 차속에 대한 결과를 나타낸 것이다. 최고 휠출력의 평균값은 102.9kW이며 각 시험 회수마다 평균에 대한 차이는 ±2% 이내였다. 최고 휠출력이 발생된 차속은 111km/h로 거의 일정하였으며, 차속의 경우 소수점 이하는 의미가 없어 정수로 표시하였다.

Fig. 7은 HEV 2를 대상으로 Fig. 2의 시험사이클에 따라 휠출력, 차속, 엔진회전수, 구동축전지 출력 및 전압을 측정된 결과이다. 구동축전지의 충방전 특성을 반영하여 정속 81km/h에서 주행 중 엑셀페달 전개(100%) 조건인 구동축전지 전압 228V에서 급가속하여 최고속도( $V_{max}$ ) 160km/h에 도달 한 후 엑셀페달을 다시 0%로 복귀시켰다. HEV 2는 전자식 연속변속방식 자동변속기를 장착하고 있어 각각의 곡선이 연속적으로 변하고 있음을 알 수 있다. 구동축전지의 전압곡선은 최대 228V에서 급가속에 의해 전력을 소모하여 187V까지 감소하였다. 휠출력은 전자식 연속변속방식 자동변속기 때문에 한 곳의 피크를 나타내었으며 선행연구<sup>(3)</sup>에서 사용한 출력결정 조건에 따라 Fig. 8과 같이 최고출력을 결정하였다. 구동축전지 출력은 제어방식의 차이에 의해 초기에 피크가 나타나며 그 후에는 일정한 출력을 나타내고 있다. 각 부분의 피

크값과 평균값은 각각 26.2kW, 20kW였다. 엔진회전수는 내연기관이 제원상에 표시된 최고출력 회전수 5000rpm에 도달했는지를 보기 위하여 측정하였다. 이로부터 휠출력은 내연기관이 충분히 최고출력을 내고 있는 상태에서 측정된 값으로 동력전달계의 손실이 고려된 것임을 알 수 있다.

Fig. 8은 최고출력을 결정하기 위해 휠출력의 원데이터, 각 속도별로 평균한 휠출력 및 휠출력의 변동계수(COV)를 차속별로 나타낸 것이다. 차속 150~160km/h 부근에서 거의 일정한 출력이 발생하며, 통계적 해석을 위하여 각각의 속도별로 평균한 휠출력을 표시하였다. COV도 1%이하로 선행연구의 출력결정 판단기준을 만족하며 차속 161km/h에서 휠출력 77.4kW를 구하였다.

Table 3은 HEV 2를 대상으로 3회 출력시험을 실시하여 구한 최고출력과 최고출력 차속에 대한 결과를 나타낸 것이다. 최고 휠출력의 평균값은 77.3kW이며 각 시험회수마다 평균에 대한 차이는 ±0.3% 이내였다. 최고 휠출력이 발생된 차속은 평균 156km/h이며 각 시험회수마다 평균에 대한 차이는 ±3.2% 이내였다. 이것은 연속변속 방식의 변속기에 의한 영향으로 사료된다.

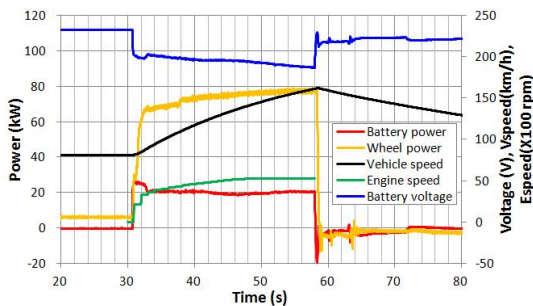


Fig. 7 Power, speed and battery voltage curve with time for HEV 2

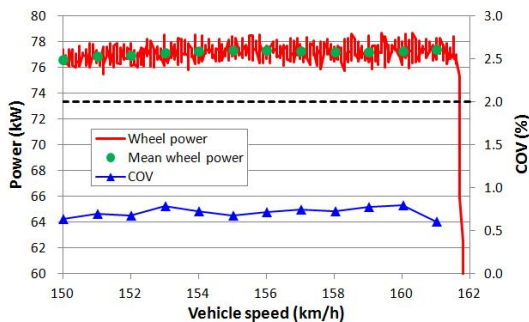


Fig. 8 Determination of max power for HEV 2

### 3.3. 최고출력 결정 방법

3.2절에서 최고출력은 원데이터를 필터링 없이 평균하고 변동계수를 도입하여 해석에 의해 구한 것이다. 본 절에서는 원데이터에서 1s와 2s 윈도우필터에 의한 이동 평균 방법을 적용하여 최고출력을 구해 보았다.

$$moving\ aver(x) = \frac{X_{-30} + X_{-29} \cdots X_{Raw} \cdots X_{29} + X_{30}}{60}$$

여기에서, movig aver는 출력에 대한 이동평균(kW)  
 $X_{Raw}$ 는 원데이터의 출력 값(kW)이다.

Table 3 Power test result for HEV 2

Test No.	Max Power (kW)	Power difference (%)	Vehicle Speed (km/h)	Speed difference (%)
1	77.4	0.1	161	3.2
2	77.3	0.0	155	-0.6
3	77.1	-0.3	153	-1.9
Mean	77.3	-	156	-

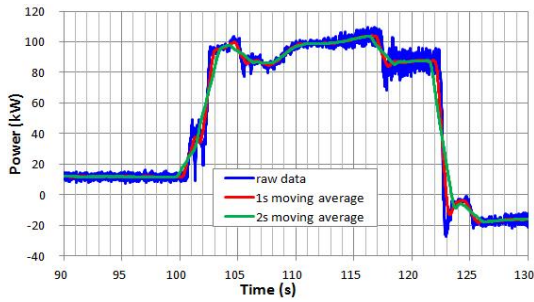


Fig. 9 Power curve with moving average filters for HEV 1

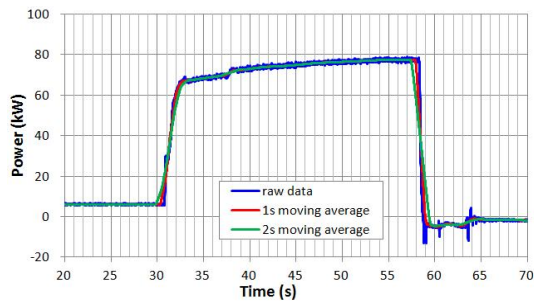


Fig. 10 Power curve with moving average filters for HEV 2

Fig. 9와 10은 HEV 1과 HEV 2에 대해 이동평균에 의한 최고출력을 구한 결과이다.

HEV 1의 경우 1s 윈도우 필터를 적용한 경우 최고출력은 104.0kW이며, 최고출력 차속은 150km/h이다. 반면 2s 윈도우 필터를 적용한 경우 최고출력과 해당 차속은 각각 103.5kW, 149km/h이다. HEV 2의 경우 1s 윈도우 필터를 적용한 경우 최고출력은 77.4kW이며, 최고출력 차속은 155km/h이다. 반면 2s 윈도우 필터를 적용한 경우 최고출력과 해당 차속은 각각 77.3kW, 160km/h이다.

Table 4와 5는 HEV 1과 HEV 2를 대상으로 최고출력 시험을 3회 실시하여 이동평균을 적용한 결과이다. HEV 1의 경우 1s 및 2s 윈도우 필터를 적용한 경우 3회의 평균값은 각각 103.3kW, 102.8kW 였다. 이것은 차속 당 평균을 구한 후 COV 2%를 적용한 경우인 102.9kW보다 다소 높으며, 평균값에 대한 차이도  $\pm 2\%$  이내보다  $\pm 1\%$  이내로 변동폭이 줄어들었다. HEV 2의 경우 1s 및 2s 윈도우 필터를 적용한 경우 3회의 평균값은 각각 77.3kW, 77.2kW 였다. 이것은 차속당 평균을 구한 후 COV 2%를 적용한 경우인 77.3kW와 거의 차이가 없으며, 평균값에 대한 차이도  $\pm 0.3\%$  이내로 변동폭의 변화가 거의 없었다. 따라서 HEV 2와 같은 원데이터의 변동이 크지 않은

Table 4 Analysis of max power with moving average filters for HEV 1

Test No.	Max power with 1 s moving average filter (kW)	Diff. (%)	Max power with 2 s moving average filter (kW)	Diff. (%)
1	104.0	0.7	103.5	0.7
2	102.3	-1.0	102.0	-0.8
3	103.6	0.3	102.8	0.0
Mean	103.3	-	102.8	-

Table 5 Analysis of max power with moving average filters for HEV 2

Test No.	Max power with 1 s moving average filter (kW)	Diff. (%)	Max power with 2 s moving average filter (kW)	Diff. (%)
1	77.4	0.1	77.3	0.1
2	77.3	0.0	77.3	0.1
3	77.1	-0.3	77.0	-0.3
Mean	77.3	-	77.2	-

경우는 차속당 평균을 구한 후 COV 2%를 적용하는 방법과 이동평균 방법을 모두 고려할 수 있다.

#### 4. 결 론

- 1) 본 논문에서는 시동을 끄지 않고 충전하는 방식의 하이브리드자동차에 대한 최고 출력 측정방법을 제시하였다.
- 2) 주행상태에서 차속별 구동축전지의 충전과 방전 특성을 반영하여 최대 충전 후 전부하 인가시기를 결정하는 것이 충방전 특성을 고려하지 않는 조건보다 정확한 출력값을 구할 수 있다.
- 3) 병렬형 하이브리드자동차의 최고출력을 구할 때, 차속 당 평균을 구한 후 변동계수(COV) 2%를 적용하는 방법보다 1s 이동평균필터를 적용하는 방법이 더 정확하였다.

#### 참고문헌

- (1) Korean Society of Automotive Engineers, 2012, Prospection of Vehicle Technology for Year of

- 2030, Seoul.
- (2) UNECE/TRANS/WP29/1121, 2015, "Containing Vehicle Propulsion System Definition", Mutual Resolution No. 2.
- (3) 최동석, 류기현, 이재완, 박용성, 2014, "전동화된 자동차의 출력측정방법 개발", 한국자동차공학회논문집, 제22권, 제7호, pp. 135~143.
- (4) UNECE/WP29/GRPE/VPSD, 2013, Vehicle Propulsion System Definition, VPSD-02-03e.
- (5) UNECE/WP29/GRPE/EVE, 2015, Informal Document No. EVE-14-10e.
- (6) UNECE/WP29/GRPE/EVE, 2017, Informal Document No. EVE-22-03e.
- (7) 국토교통부, 2016, 자동차의 에너지소비효율, 온실가스 배출량 및 연료소비율 시험방법 등에 관한 고시, 별표 1.
- (8) 한국표준협회, 2005, 자동차 타이어, KS M 6750.
- (9) 김주원, 용기중, 최동석, 이현우, 2017, "배터리 충전방진특성을 반영한 NOVC-HEV의 출력측정방법 연구", 2017 한국자동차안전학회 추계학술대회 초록집, p. 7.
- (10) 김주원, 2018, "하이브리드 자동차의 출력 측정방법에 관한 실험적 연구", 경일대학교 석사학위 논문.