

자동차 발전기 전압변동에 따른 차량 신호 변화에 대한 실험적 연구

Experimental Study of Vehicle Signal Change for Generator Voltage Variation

고광호^{1*}

Kwang-Ho Ko^{1*}

〈Abstract〉

The generator of an automobile supplies electric voltage and current for various electric components. The supplied voltage can be changed by sudden variation of the electric load. The voltage was controlled by independent power supply in the study. The TPS and APS signal was changes as the voltage of the power supply. The ECU output voltage and OBD signal voltage was changed also as the variance of the power supply.

Keywords : ECU, TPS, APS, 전압변동, OBD

^{1*} 평택대학교 스마트자동차학과 부교수, E-mail: kwangho@ptu.ac.kr, MP: 010-8407-3161,
경기도 평택시 서동대로 3825 평택대학교 이공관 414호

1. 서론

일반적인 승용차의 배터리 전압은 차량 작동 중에 발전기의 출력 전압으로 유지되는데, 보통 14V 내외이다. 하지만 다양한 차량의 부하 변동에 의해 이 전압의 값이 달라질 수 있다. 예를 들어 많은 전기장치가 작동되는 상황에서는 발전기에 부하가 급격히 높아지면서 전압이 일시적으로 저하될 수 있고, 오래된 발전기의 경우 코일의 특성 변화 등에 의해 전반적인 전압 강하가 일어나기도 하고, 고부하 상황에서 급격한 전압강하가 발생하기도 한다[1].

보통은 엔진에 장착된 공회전속도조절밸브에 의해 엔진 회전수가 일정하게 유지되지만 이는 피드백 제어방식으로 엔진에 고부하가 걸리는 경우 사후적으로 엔진회전수를 보상하는 방식이기 때문에 약간의 지연현상이 일어날 수 있다[2]. 즉, 다양한 전기장치가 동시에 작동되는 발전기 고부하의 조건에서 엔진회전수가 저하되고 이를 엔진제어장치에서 감지한 후 공회전속도조절밸브를 개방하여 공기흡입량을 늘리고 연료분사를 증량하여 엔진회전수를 보정하기까지 약간의 시간이 소요된다. 이 소요 시간 동안 발전기의 회전수 역시 저하하게 되고 이때 발전기의 전력을 사용하는 다양한 전기장치로 인해 발전기 출력전압이 강하할 수 있는 것이다. 하지만 이러한 전압 강하 현상은 전기부하가 급변하고 발전기의 전반적인 성능이 다소 저하된 상황에서 일시적으로 발생할 가능성이 높다. 즉 반복적이고 일정하게 발생하는 것이 아니고 일시적이고 간헐적으로 발생할 가능성이 높은 것이다[3].

본 연구에서는 차량의 배터리에 연결된 발전기 출력 단자를 탈거하고 별도의 전원공급장치를 장착하여 다양한 전압 변동 현상을 재현하였다. 이렇게 변동되는 전압에 의해 차량의 다양한 전기전

자제어 신호에 어떤 변화가 발생하는지를 측정하여 보았다.

2. 실험방법

실험차량은 H사의 G차량 모델이다. Table. 1은 이 실험 차량과 엔진의 사양이다. 준대형 승용차로 가솔린 연료를 사용하는 V6 형식의 3,000cc 엔진이 적용된 전륜구동 차량이다. 본 연구에서는 실험차량을 차대동력계에 장착하여 실험을 수행하였다. 차대동력계에서 속도를 40km/h 로 유지하는 방식으로 진행하였다. 이는 동력계에서 차량 출력을 흡수하여 차량의 스톱밸브의 개도에 무관하게 일정한 속도를 유지하는 실험 조건이다. 일반적으로는 차대동력계의 속도조절모드(speed regulation mode)라고 하는 주행 방식이다. 본 실험에 사용된 극단적인 전압 변화에 의해 차량의 속도가 급변하는 상황에서도 동력계에 의해 차량 출력이 흡수되어 일정한 속도로 유지하기 때문에 적합한 실험 방식으로 판단된다[4]. 차량 출력의 변화가 크게 발생하더라도, 속도는 40km/h로 유지되지만 동력계의 흡수마력변화를 통해 그 수치를 쉽게 인지할 수 있는 점도 본 실험에서는 유리한 조건이기도 하다. 즉 동력계의 속도조절모드는 안전하게 차량거동 변화 현상을 찾아낼 수 있는 실험 조건이라고 할 수 있다.

본 연구에서 사용된 전원공급 장치인 LVTGO는 실제 차량에서 나타날 수 있는 다양한 전원의 변동을 모사할 수 있는 장비이다. 크랭킹과 같은 큰 전기부하가 걸리거나, 반복적으로 나타나는 전압의 변동현상을 모사해서 차량 배터리로 전기를 공급할 수 있는 장비이다. 이 장비의 사양은 Table. 2와 같다. 22V 까지 공급 전압을 조절할 수 있고, 최대 공급 전류가 150A에 달하기 때문

에 차량의 기본 전압과 전류를 모사하기에 적합한 장비임을 알 수 있다. 접지 수준에 오프셋을 설정할 수도 있고, 1kHz 수준으로 작동된다.

Table 1. The specification of the test vehicle

차량 치수	4910×1860×1470 mm
차량 축거	2845 mm
차량 윤거	1606(전) / 1607(후) mm
구동 방식	전륜 구동
변속기	자동 6단
사용 연료	휘발유
공인 연비	10.4 km/L
엔진 출력	270 PS
엔진 형식	V6
배기량	2999 cc
최대 토크	310 Nm

Table 2. Specification of the power supply

Supply voltage	0~22 V
Imax Out (continuous load/channel)	70 A
Imax Out (Peak load)	150 A
Maximum power unlimited time dissipation	200 W
for 1 sec	600 W
Ground offset voltage range	0~2.5 V
Maximum response	1 KHz
Operating temperature range	+10~+45 °C
Storage temperature range	-10~+65 °C



Fig. 1 The voltage profile of the power supply

Table 3. The voltage profile of the power supply

Time (sec)	T0	T1	T2	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	1.0	1.5	0.2	0.2	0.2	2.0	0.2	3.0	0.5
Volt. (V)	U0	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	-
	12.0	10.0	11.0	13.0	14.0	1.5	10.8	7.0	-

이러한 전원 공급 장치를 통하여 Fig. 1과 같은 전압 파형을 차량에 공급하였다. 전압의 수준과 지속 시간은 Table. 3과 같은데, 이는 차량 운행 중에 나타날 수 있는 전압 강하 및 전압의 미세한 변동을 모사한 파형으로 볼 수 있다[5]. 이 파형에서 U7이 전압의 급격한 강하, U5가 전압 미세 변동을 모사한 것으로 볼 수 있다. 다양한 전기부하가 한꺼번에 걸리는 경우에는 큰 전압 강하가 일어나고, 전기적인 접촉 불량 등으로 전압의 작은 섭동이 나타나는 상황을 모사한 것이다[6]. 즉, U7에 해당하는 전압강하 모사 영역에서는 약 7V 수준까지 전압을 저하시켜 0.5초 정도 유지하였다. 또한 U5에 해당하는 전압의 미세한 변동은 1.5V 수준이고 지속시간 2초 정도이다.

이러한 전압 변동이 실제 차량에서 일상적으로 일어나기는 힘들다, 앞에서 언급했듯이 전기 부하가 집중되고 발전기 출력이 낮은 상황에서는 큰 전압 강하가 발생할 수 있고, 간헐적으로 발생하는 전기접촉 불량에 의해 전압의 섭동이 나타날 수 있으므로 어느 정도는 실제 차량에서 이러한 전압의 변동이 나타날 수 있을 것으로 판단된다[7].

전체 파형의 지속시간은 8.2초 이고 LVTGO 장비를 통해 반복적으로 이 전압 파형을 공급하면서 엔진회전수, 차속, 스로틀개도(TPS), 가속페달 개도(APS), 배터리전압, 차량출력토크 등을 측정하였다. 사용한 데이터로깅 장비는 MS100 으로 차량의 OBD 단자를 통해 ECU 입출력 정보를 측정할 수 있다. 데이터는 10Hz 수준으로 측정하여 분석하였다.

실험에서는 차량을 동력계에 장착한 후 40km/h

의 속도조절모드로 설정한 후 운전자 1인이 탑승한 상태에서 진행하였고, 이 때 가속페달을 25~30% 정도로 유지하면서 배터리 전압을 LVTGO 장비로 위와 같은 전압 변화를 일으켰을 때 차량의 거동을 확인하는 방식이다.

3. 실험결과

앞에서 설명한 바와 같이 새시동력계상에서 가속페달을 25~30% 수준으로 유지하면서 전압 변

Table 4. Vehicle signals for the voltage variation (40km/h on dynamometer)

Time (sec)	RPM	Speed (km/h)	TPS (%)	APS (%)	Volt. (V)	Torque (Nm)
0.0	1359	35.86	13.6	19.9	9.61	102.8
0.1	1431	35.86	15.5	23.4	9.61	125.1
0.2	1505	35.86	17.8	25.7	9.71	139.5
0.3	1598	35.86	18.7	25.7	9.71	165.6
0.4	1688	35.86	21.1	25.7	9.71	178.0
0.5	1752	36.85	22.0	25.7	9.71	183.9
0.6	1792	36.85	24.4	25.0	9.61	188.9
0.7	1826	36.85	27.2	25.0	9.71	196.3
0.8	1854	37.85	36.1	25.0	9.71	199.1
0.9	1881	38.85	46.9	25.0	9.71	203.1
1.0	1901	38.85	57.2	25.0	10.1	203.4
1.1	1920	39.84	69.0	25.0	9.91	204.6
1.2	1931	39.84	77.0	25.0	9.91	205.7
1.3	1931	40.84	86.8	25.0	9.61	205.7
1.4	1937	40.84	92.4	25.0	9.41	206.0
1.5	1941	41.84	100	24.6	9.51	206.0
1.6	1942	41.84	100	24.6	9.10	205.8
1.7	1939	41.84	100	24.6	8.80	206.2
1.8	1940	41.84	100	24.6	9.41	206.2
1.9	1943	42.83	100	24.6	8.90	205.9
2.0	1938	42.83	100	24.6	8.50	206.2

동 파형을 공급했을 때 엔진회전수, 차속, 스로틀 밸브개도(TPS), 가속페달개도(APS), 배터리전압, 차량출력토크의 측정 결과를 Table. 4에 정리하였다. 가속페달은 25% 정도로 거의 일정한데 스로틀밸브의 출력이 증가하는 구간이 관찰된다. 차량 토크 역시 변화한다.

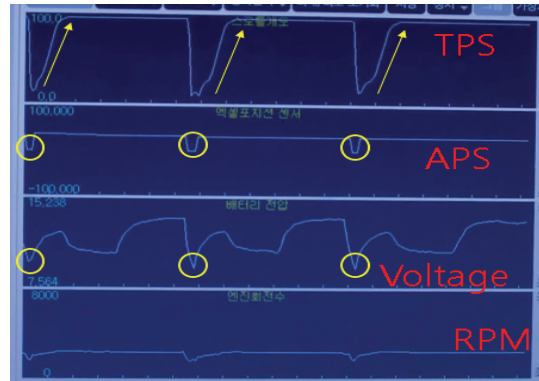


Fig. 2 전압 강하에 의해 나타나는 스로틀 개방 현상

Fig. 2는 OBD단자에서 측정된 TPS, APS 등의 출력전압변화를 도시한 것으로, 7V 수준까지 기본 전압이 강하하면 가속페달을 일정하게 유지하고 있음에도 가속페달 센서의 출력 값이 순간적으로 하락하는 현상이 나타나고, 스로틀밸브의 출력값이 증가하는 것을 알 수 있다. 이렇게 가속페달을 일정하게 밟고 있어도 순간적인 전압강하가 있을 때 APS 및 TPS의 출력변화가 발생하는 현상이 관찰되었다.

TPS, APS, Voltage, RPM 등은 모두 차량의 OBD 단자에서 추출한 데이터를 전용장비로 도시한 것인데, 특히 전압 그래프를 보면 LVTGO 장비를 통해 공급한 전압 그래프인 Fig. 1과 많이 다른 것을 알 수 있다. 실제로 공급된 전압을 엔진제어장치가 정확하게 측정하지 못하는 것으로 판단된다[8]. APS의 경우도 실제로는 거의 변화가 없는데 7V 수준의 전압 강하가 있을 때마다 OBD

단자로 표출되는 센서 출력에 약간의 변화가 발생하고 있다. 7V 수준까지 과도하게 전압강하가 일어나는 경우에는 OBD 단자의 데이터 처리 기능 등에 전반적인 문제가 발생하는 것으로 사료된다.

4. 결과분석

차량의 기본 배터리 전압에 변동을 주어 7V 수준의 전압강하, 11V 수준에서의 작은 전압 섭동 등을 모사한 전원을 차량에 공급하면 TPS, APS 등의 출력전압에 변화가 발생하였다. 실험에서는 7V 수준의 전압강하를 0.5초 정도 지속시켰고 가속페달은 25% 수준으로 유지한 상태였다.

실제 차량 운행 중에는 이러한 급격한 전압 변화가 일어나기 힘들 것이나 저속에서 각종 전기장치를 사용하는 경우 발전기 출력도 낮아 이러한 전압강하 현상이 발생할 개연성이 있을 것이다.

실도로에서 25% 수준으로 정속 주행하다가 각종 전기부하를 사용하거나 노후된 발전기의 출력이 급격히 떨어지는 경우에는 다양한 센서와 액추에이터에 변화가 발생할 가능성이 있을 것이다.

또한 7V 수준으로 전압 강하가 발생하는 경우 엔진제어장치나 OBD 기능 등이 전반적으로 영향을 받아 센서 출력이나 배터리전압이 정확하게 측정되지 않는 현상도 발견되었다. 즉 주행 중에 이런 전압 강하 현상이 발생하면 전반적인 엔진전자제어 능력이 크게 악화된다고 할 수 있다. 가속페달 센서의 출력에 변화가 발생한다면, 배터리 전압 수준을 오측정하여 차량 제어에 사용되면 이 역시 여러 가지 오작동을 불러일으킬 수 있는 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 차대 동력계상에서 일정한 속도를 유지시키는 조건에서 배터리 전압에 변동을 주어 인가했을 때 차량의 다양한 센서 출력에 변동이 발생함을 확인하였다. 즉 7V 수준으로 전압강하가 발생하는 경우 OBD 데이터 신호인 TPS, APS 신호가 증감하는 것을 확인할 수 있었다.

과도한 전기 장치의 사용과 노후된 발전기의 발전출력 저하 등이 함께 겹치는 경우에는 이러한 전압 강하 현상이 실주행중에도 발생할 수 있을 것이다. 이 경우 가속페달을 25% 수준으로 밟고 있어도 TPS와 APS의 출력값이 증감할 수 있었다. 이렇게 전압강하가 나타나는 경우 엔진제어장치나 OBD 기능이 악영향을 받는 현상도 발견할 수 있었다.

참고문헌

- [1] 김순호, 김효상, 차량용 전자제어장치와 전압조정기 개선에 관한 연구, 제어·로봇·시스템학회지, 7, 11, 912-917, (2001).
- [2] 김형주, 류시복, 재제조를 위한 공정 및 가이드라인 체계화 : 자동차 교류발전기를 중심으로, 한국정밀공학회지, 23, 7, 93-100, (2006).
- [3] Liyana Roslan, Nurul Ain Azmi, Won Jung, Remanufacturing Process Design for Automotive Alternator, Journal of society of Korea industrial and systems engineering, 34, 4, 179-188, (2011).
- [4] Xuan Zhang, Chenzhen Liu, Zhonghao Rao, Experimental investigation on thermal management performance of electric vehicle power battery using composite phase change material, Journal of Cleaner Production, 10 November, 201:916-924, (2018).

- [5] Bastian Reineke, Jonathan Müller, Stefan Grodde, Wolfgang Fischer, Henning Heikes, Alternative Engine Speed Sensing Using the Electric Signals of the Alternator, SAE International Journal of Engines, 9, 4, 2469-2476, (2016).
- [6] 최일동, 김치원, 윤창식, SI기술린 기관에서 흡기 조성에 따른 연소 및 배기특성에 관한 실험적 연구, 한국산업융합학회논문집, 20, 1, 56-66, (2017).
- [7] Sergio Saponara, Integrated Bandgap Voltage Reference for High Voltage Vehicle Applications, Journal of Circuits, Systems & Computers, 24, 8, 1-17, (2015).
- [8] 김기복, 김치원, 윤창식, 직접분사식 압축착화 디젤엔진의 분사시기 변화에 따른 연소 및 성능특성에 관한 연구, 한국산업융합학회논문집, 19, 1, 31-38, (2016).

(접수: 2018.06.27. 수정: 2018.08.20. 게재확정: 2018.09.05.)