

태양광발전 방식의 자동차용 과급 장치의 성능 평가

고광호[†]

*아주자동차대학 자동차학부

Performance Test of Supercharger for Vehicle using Solar Cell

KWANGHO KO[†]

**School of Automotive Engineering, Ajou Motor College,
Boryeong-Si, Chungnam, 355-769, Korea*

ABSTRACT

The performance of a supercharger for vehicle using solar cell attached on the exterior of a car, an auxiliary battery, and an air compressor was evaluated in this study. This supercharger is composed of a solar cell of 40W, a battery of 60 Ah, an air compressor of 17 A, 8 kg/cm² and an air tank of 8L. It takes about 6 days to charge the battery with the solar cell and the high pressure air of 8L can be supplied about 70 times to engine intake with this battery. The intake pressure increased by about 20~40% with this supercharger. The vehicle power and accelerating performance are enhanced by 87% and 50% each in the low speed range. But the performance improved little in the high speed range because of the rather constant flow rate of air supplied by this type of supercharger.

KEY WORDS : Solar cell(솔라셀), Supercharger(과급장치), Automobile(자동차), Engine performance(엔진 성능), Acceleration performance(가속성능)

1. 서 론

태양광발전장치는 주로 전력생산 용도로 사용되고, 기상조건 등에 의해 발전량이 급변하는 특징이 있어 자동차와 같은 분야에서는 적용하기가 어려운 측면이 있다. 자동차의 경우 엔진 구동축으로 발전기를 구동하여 이미 충분한 전력을 안정적으로 생산하기 때문이다. 기존의 자동차용 발전기의 용량

을 줄이고 태양광발전장치를 보조발전장치로 사용한다고 하더라도 기상 조건에 크게 영향을 받는 태양광발전장치로는 자동차 운행에 필요한 전력을 안정적으로 공급하기도 어려운 상황이다. 즉, 태양광발전장치의 경우 차량에 전력 생산용으로는 적용하기가 어려운 상태인 것이다¹⁾.

이에 본 연구에서는 엔진에 과급 공기를 공급할 수 있는 슈퍼과급기(supercharger) 형태로 태양광발전장치의 적용 가능성을 평가해 보았다. 일반적으로 사용되는 자동차용 과급장치는 터보과급기

[†]Corresponding author : kwangho@motor.ac.kr

[접수일 : 2011.11.30 수정일 : 2011.12.19 게재확정일 : 2011.12.27]

(turbocharger)로서, 고속·고압으로 배출되는 엔진 배기가스를 사용하여 터보과급기의 터빈을 구동하고 이와 동축으로 연결된 임펠러를 가동하여 흡기계에 고압의 공기를 과급하는 방식이다. 터빈과 임펠러가 동축으로 연결되어 고속 회전하는 방식으로 고압의 공기를 공급하기 때문에 자연흡기 방식의 내연기관에 비해 출력과 가속성을 획기적으로 높일 수 있어 널리 적용되고 있다.

다만 기존의 터보과급기의 경우 전체 주행 영역에서 계속적으로 작동하고 있으므로, 중저속 영역에서 정속 주행하는 상황처럼 고출력이 불필요한 상황에서도 작동을 중지시키지 못하여 연비가 악화되는 단점이 있다^{2,3)}. 이렇게 불필요한 상황에서도 배기계의 일부를 터빈이 막고 있기 때문에 배기가스의 원활한 배출에도 부정적인 영향을 줄 수 있다. 즉, 배기계의 일부를 막고 있어 연소실 내부에서 배기계로 배기가스를 배출하는데 필요한 펌핑일(pumping work)이 증가하여 전체적인 내연기관의 열효율이 감소한다^{4,5)}. 또한, 운전자가 임의로 과급기를 작동시켜 원하는 형태의 주행성능을 얻을 수도 없는 상황이다. 즉, 정차 상태에서 가속하거나 추월하는 상황과 같이 운전자가 원하는 상황에서만 과급기를 선택적으로 작동시키지 못하는 단점도 있는 것이다⁶⁾.

이에 본 연구에서는 태양광발전장치를 차량 외부에 설치하고, 이로부터 발전된 전력을 별도의 배터리에 저장한 후 이 배터리에서 공급되는 전력으로 별도의 압축기를 구동하여 고압의 공기를 에어탱크에 저장하였다가, 필요한 상황에서 엔진 흡기계로 공급하는 방식의 과급장치를 시험, 평가하였다. 태양광발전장치는 차량의 외부 표면에 장착하고, 별도의 배터리, 압축기 및 에어탱크는 트렁크에 설치하였다. 이러한 방식을 사용하면 배기계를 막지 않기 때문에 기존의 터보과급기에 비해 배기가스의 배출이 원활하고, 운전자가 원하는 순간에만 과급 공기 공급 호스를 개방하여 과급 효과를 선택적으로 얻을 수 있는 장점이 있다.

또한, 이러한 과급장치는 기상조건에 따라 전력생산량이 일정치 않고, 발전량이 미약한 태양광발전장치의 단점을 보완하여 자동차에 적용할 수 있

는 한 가지 가능성을 제시한다고 할 수 있다. 즉, 미약하고 불안정한 전력을 배터리에 축전하고, 이를 다시 고압의 공기로 축압 하였다가 필요한 순간에 엔진으로 고압 공기를 일시에 다량 공급하여 출력 성능을 향상시키는 형태로 적용 가능한 것이다.

기존의 터보과급기는 엔진출력과 맞먹는 수준의 배기가스의 유속 및 압력에 해당하는 높은 에너지를 사용하여 임펠러를 작동시킬 때 과급효과를 얻을 수 있는데, 이 정도의 높은 에너지 공급을 본 시스템에서는 축압된 고압의 에어 공급 방식으로 해결할 수 있는 것이다. 압축기에서 바로 흡기계로 공기를 공급하지 않고, 에어탱크에 축압 및 저장 하였다가 일시에 다량 공급하는 방식을 채택하여 과급효과를 극대화한 것이다.

이상의 이론적인 내용을 바탕으로 본 연구에서는 자연흡기방식의 승용차용 배기량 1,300cc 가솔린 엔진에 적용 가능한 태양광발전 방식의 과급장치의 각 부품별 용량과 차량 출력 성능 향상 정도를 평가하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

본 연구에서 사용한 자동차용 과급장치의 경우 차량 본넷 혹은 트렁크 상단에 장착할 수 있는 크기의 태양광발전장치를 사용하여야 한다. 가로, 세로 약 1m 이내의 수준이어야 차량 외부에 장착하기가 용이하므로 발전용량 40W 인 태양광발전장치를 차량의 본넷 상면에 장착하였다. 이 태양광발전장치에서 생산된 전력을 별도로 배터리에 저장하여야 하는데, 본 연구에서는 승용차에 주로 사용되는 12V, 60Ah의 배터리를 트렁크에 장착하여 사용하였다. 40W 태양광발전장치를 사용하면 한국의 경우 일일 평균 16V, 2A 수준으로 5시간 정도 발전이 가능하다^{7,8)}. 따라서 약 6일 정도면 60Ah의 배터리를 완전 충전할 수 있다.

이렇게 충전된 배터리로 압축기를 구동하는데, 본 연구에서 사용된 압축기는 12V, 17A 전류를 소

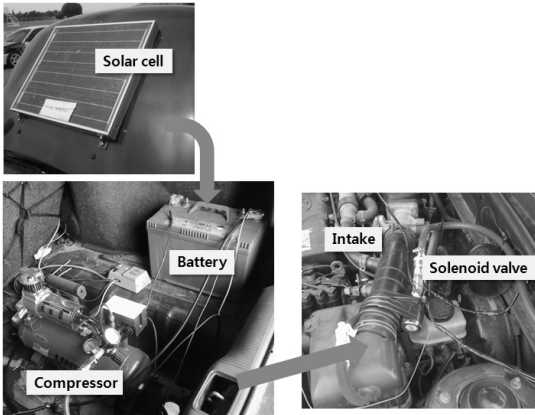


Fig. 1 Supercharger for vehicle using solar power

비하여 8kgf/cm^2 의 공기를 8L 생산하는데 약 3분 정도가 소요된다. 60Ah 배터리가 완전 충전되어 있으면 압축기를 약 3.5시간 정도 가동할 수 있으므로 8kgf/cm^2 의 고압 공기 8L를 70회 공급할 수 있음을 알 수 있다. 또한 에어탱크의 압력이 6kgf/cm^2 이하로 낮아지면 자동으로 압축기가 작동되어 8kgf/cm^2 이 될 때까지 압축 공기를 생산하기 때문에 과급하여 에어탱크의 압력이 감소하면 바로 압축기가 작동하는 특성이 있다.

이렇게 저장된 고압의 공기를 엔진 흡기계의 서지탱크까지 고압호스로 연결하고 그 끝단에 솔레노이드밸브를 장착하여 원하는 시점에 밸브를 개폐하여 과급 공기를 공급/차단할 수 있도록 하였다. 솔레노이드 밸브를 개방하여 과급이 개시되면 에어탱크의 압력이 8kgf/cm^2 에서 저하하는데, 6kgf/cm^2 에서 압축기가 가동되기 때문에 에어탱크의 압력은 완전히 0으로 떨어지지 않는고 에어공급이 유지되는 기간 동안은 약 2kgf/cm^2 수준으로 유지된다. 8kgf/cm^2 에서 2kgf/cm^2 까지 압력이 저하되는데 소요되는 시간은 약 10초이다. 즉, 평균적으로 약 5kgf/cm^2 정도의 압력으로 10초 정도 고압 에어가 흡기계에 공급되는 것으로 볼 수 있다.

이상의 장치 용량의 자동차용 과급시스템을 운전자가 원하는 경우에만 과급하는 방식으로 적용하면 평균 압력 5kgf/cm^2 의 고압 에어를 하루에 8L씩

Table 1 Specification of supercharger for vehicle

Solar cell power	40W
Battery capacity	60Ah(12V)
Battery charge time	6days
Compressor	17A(12V)
Compressor running time	$3.5\text{hr}(= \frac{60Ah}{17A})$
Compressor pressure	Average 5kgf/cm^2 (Max. 8kgf/cm^2)
Air tank Volume	8L
Compressing time	$3\text{min}(0 \rightarrow 8\text{kgf/cm}^2, 8\text{L})$
No. of supercharging	$70\text{times}(= \frac{3.5\text{hr} \times 60}{3\text{min}})$

70회 정도 공급할 수 있으므로 자동차용 과급 장치로써 가능성이 있는 것으로 판단된다. 본 연구에 사용된 태양광발전 방식의 과급시스템은 Fig. 1과 같고, 태양광발전장치의 용량, 배터리 충전용량, 압축기 소비전류량을 바탕으로 계산한 충전시간, 압축기 가동 가능 시간 등을 Table 1에 정리하였다.

2.2 실험방법

본 연구에서 Table 1과 같은 용량의 태양광발전 방식의 과급장치를 자동차에 적용 가능한 것인지 판단하기 위해 과급 공급 여부에 따른 가속성능 및 출력성능 시험을 수행하였다. 실험에 사용된 차량은 H사의 소형승용차로 엔진의 배기량은 1,300cc이고 가솔린을 사용하는 자연흡기 방식의 차량이다. 차량의 출력성능과 가속성능은 새시동력계를 사용하여 측정하였는데, 독일 M사의 제품으로 400마력까지 출력 측정이 가능하다. 새시동력계에 차량을 장착하여 20~60km/h 사이의 속도에서 과급 여부에 따른 출력 변화를 측정하였고, 역시 새시동력계상에서 스로틀 개방 정도를 일정하게 하여 5km/h에서 45, 55, 65, 75, 85km/h까지 가속하는데 소요되는 시간의 변화를 측정하여 가속성능을 평가하였다.

즉, 일정 속도 및 스로틀 개방 조건에서 과급 공기의 공급 여부에 따른 출력 및 가속시간의 변화를

Table 2 Test conditions for vehicle power and acceleration performance

• Conditions for vehicle power tests
1. Speed 20km/h(with throttle 15% open)
2. Speed 30km/h(with throttle 20% open)
3. Speed 40km/h(with throttle 25% open)
4. Speed 50km/h(with throttle 30% open)
5. Speed 60km/h(with throttle 35% open)
• Conditions for acceleration performance tests
1. Speed 5 → 45km/h(with throttle 25% open)
2. Speed 5 → 55km/h(with throttle 30% open)
3. Speed 5 → 65km/h(with throttle 30% open)
4. Speed 5 → 75km/h(with throttle 30% open)
3. Speed 5 → 85km/h(with throttle 30% open)

측정하였는데, 자세한 실험 조건은 Table 2와 같다. 다만 과급 공기가 공급될 때 흡기계 압력 및 연료분사시간의 변화 정도를 알기 위해 흡기계압력 및 연료분사시간 측정 실험부터 먼저 수행하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 흡기압 변화 실험 결과 및 분석

앞에서 설명한 과급 장치에서 평균 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 고압 공기가 흡기계 서지탱크에 공급되는 경우 흡기압, 엔진회전수 및 연료분사시간의 변화를 측정해 보았다. 자연흡기방식 차량의 흡기압은 부압이 걸리므로 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 공기를 공급하면 흡기압이 올라가고, 차량에 원래 장착되어 있는 MAP(manifold absolute pressure)센서에서 이 값을 엔진제어모듈(ECU : engine control unit)로 알려주기 때문에 연료분사시간이 따라서 증가하여 엔진 회전수가 상승하게 된다. 즉 흡기압이 높아지는 만큼 연료분사증량 보정이 이루어져 출력 및 가속성능이 향상된다.

차량의 시동을 걸고, 정지 상태(아이들)에서 스로틀을 조금 씩 개방하여 엔진 회전수를 증가시키면서 과급 공기를 공급할 때의 흡기압, 엔진회전수

Table 3 Increase of RPM, intake pressure and fuel injection period

Engine speed (RPM)			
Natural aspirated	Supercharged	Increase (%)	
800	1454	81.8	
1500	2180	45.3	
2000	2330	16.5	
2500	3035	21.4	
Engine speed (RPM)	Intake pressure (kPa)		
	Natural aspirated	Supercharged	Increase (%)
800	30	42	40.0
1500	24	33	37.5
2000	26	30	15.4
2500	25	30	20.0
Engine speed (RPM)	Fuel injection period (ms)		
	Natural aspirated	Supercharged	Increase (%)
800	3.6	5.6	55.6
1500	3.3	4.5	36.4
2000	3.5	4.2	20.0
2500	3.6	4.2	16.7

및 연료분사시간 변화를 측정한 결과를 Table 3에 정리하였다.

2,500RPM 까지 시험한 결과 흡기압은 20~40% 증가하고, 연료분사량은 16~55% 정도 증가함을 알 수 있다. 엔진회전수가 낮을수록 증가율이 높으므로 주로 저속 영역에서 과급의 효과가 클 것임을 예측할 수 있다.

3.2 출력성능 시험결과 및 분석

새시동력계를 사용하여 과급 여부에 따른 차량 출력의 변화를 측정하였는데 그 결과는 Table 4와 같다. 저속인 20km/h(스로틀 15%) 정도에서 출력이 87% 정도 증가하고, 고속 영역으로 갈수록 과급 공급 시 출력의 증가 정도가 감소함을 알 수 있다.

Table 4 Vehicle power test result

Speed (km/h)	Throttle (%)	Vehicle power (kW)		
		Natural aspirated	Supercharged	Increase (%)
20	15	2.35	4.40	87.2
30	20	5.25	6.71	27.8
40	25	9.75	10.7	9.7
50	30	13.7	14.5	5.5
60	35	16.7	17.2	3.0

주행 속도가 높을수록 엔진 흡입 공기량이 급격히 증가하는데 반해 에어탱크에서 공급되는 과급공기의 수준은 거의 일정하기 때문에 발생하는 현상으로 판단된다. 즉, 에어탱크에서 흡기계 서지탱크로 공급되는 공기유량은 엔진 흡입 공기량과는 무관하게 에어탱크의 용량, 공기의 압력 및 압축기용량에 따라 거의 일정하게 공급되기 때문이다. 이로 인해 저속에서는 엔진이 흡입하는 원래의 공기량에 육박하는 수준의 과급 공기를 공급하여 출력이 2배 가깝게 증가하지만, 고속영역에서는 엔진 흡입 공기 유량에 비해 상당히 낮은 유량으로 과급 공기가 공급되기 때문에 출력 증가 정도가 미약한 것으로 판단된다.

8kg/cm²의 공기가 8L 에어탱크에서 흡기계로 공급되어 에어탱크의 압력이 2kg/cm²까지 떨어지는데 소요되는 시간은 약 10초 이므로 이 조건에서 이상기체 상태방정식을 사용하여 과급 공기의 유량

Table 5 Mass flow ratio of supercharged air to naturally aspirated air

Speed (km/h)	Intake air flow (kg/min)	Ratio of supercharged air flow (%)
20	0.290	87.5
30	0.837	30.3
40	1.611	15.8
50	1.823	13.9
60	2.200	11.5

Table 6 Throttle open percentage for the same speed and power

Speed / Power (km/h) / (kW)	Throttle (%)	
	Supercharged	Natural aspirated
20 / 4.40	15	17
30 / 6.71	20	22
40 / 10.7	25	27
50 / 14.5	30	31
60 / 17.2	35	35

을 계산하면 다음과 같다.

과급공기유량

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{평균압력} \times \text{체적}}{\text{기체상수} \times \text{온도} \times \text{과급시간}} \quad (1) \\
 &= \frac{(5\text{kg}_f/\text{cm}^2 \times 98000(\text{Pa})) \times (8 \times 10^{-3}\text{m}^3)}{287\text{J/kg} \cdot \text{K} \times (50 + 273\text{K}) \times (10/60\text{min})} \\
 &= 0.254\text{kg/min}
 \end{aligned}$$

즉, 0.254kg/min 정도의 일정한 유량이 차량 주행 속도와 무관하게 과급되기 때문에 저속에서 출력 향상 효과가 크게 나타나고 50km/h 이상의 고속영역에서는 그 효과가 미미한 것이다. 각 속도별로 과급하지 않는 경우 엔진의 원래 흡입 공기유량과 에어탱크에서 공급되는 과급 유량의 비율을 비교하면 Table 5와 같은데, 20km/h에서 과급공기의 비율은 원래 흡입유량의 87%, 60km/h에서는 약 11% 정도임을 알 수 있다. 이 비율과 거의 유사한 수준으로 출력이 향상된다는 것을 알 수 있고, 이러한 이유로 저속에서 효과가 크게 나타나는 것으로 판단된다.

과급이 없는 상태에서 과급을 하는 경우와 동일한 속도와 출력을 유지하기 위해서는 가속페달을 좀 더 밟아 스로틀의 개방율을 증가시켜야 하는데 그 값도 함께 측정하였다. Table 6에 측정 결과를 정리하였는데, 과급하는 경우와 동일한 출력을 내기 위해서는 저속영역에서 스로틀 개방율을 약 2%

Table 7 Accelerating time(throttle 25% open)

Accelerating time for 5 → 45 km/h (Throttle 25%)		
Natural aspirated	Supercharged(5sec)	Supercharged(8sec)
16.7 sec	11.2 sec	8.4 sec
Decrease (%)	33.1 %	49.8 %

정도 더 높여야 함을 알 수 있다. 고속영역에서는 과급 유무에 따른 출력 증가율이 미미하여 동일한 출력을 내기 위한 스로틀 개방율의 상승 정도가 작음을 알 수 있다. 본 연구에서와 같이 40W 수준의 태양광발전 방식의 과급장치를 사용하면 과급 공기의 유량이 주행 조건과 무관하고 이로 인해 저속에서 그 효과가 큰 특성을 보임을 알 수 있다.

3.3 가속성능 시험결과

가속성능은 두 가지 시험으로 나누어 평가하였는데, 우선 가속 정도가 낮은 수준에서 새시동력계상에서 차량의 주행속도를 5km/h에서 45km/h 까지 가속하는데 소요되는 시간을 측정하여 가속성능을 평가하였다. 가속 시 스로틀은 25% 개방 상태를 일정하게 유지하고, 과급 공급 시간은 5초 혹은 8초로 유지하면서 실험을 수행하였는데 그 실험 결과를 Table 7에 정리하였다.

과급 공급시간이 5초인 경우 약 33%, 8초인 경우 약 50% 정도 가속에 소요되는 시간이 감소하였다. 가속에 소요되는 시간이 짧을수록 가속성능이 우수한 것이므로 과급을 하는 경우 가속성능이 향상되며, 과급을 길게 할수록 향상 정도가 높아짐을 알

Table 8 Accelerating time(throttle 30% open)

Accelerating time (Throttle 30%)				
Speed(km/h)	5→55	5→65	5→75	5→85
Natural aspirated	5.1sec	7.4sec	10.2sec	13.7sec
Supercharged	4.6sec	6.8sec	9.4sec	13.1sec
Decrease (%)	9.8%	8.1%	7.9%	4.4%

수 있다. 다만 이 경우는 가속페달을 밟는 정도를 25% 수준으로 하였기 때문에 완전한 가속상태로 볼 수 있는데, 이 경우 가속성능 향상율이 30~50% 수준으로 상당히 높은 것을 알 수 있다.

다음으로는 스로틀을 30% 개방하여 좀 더 급한 가속의 경우 주행속도가 5km/h에서 55, 65, 75, 85km/h 까지 증가하는데 소요되는 시간을 측정해 보았다. 과급은 가속이 완료되는 시점까지 지속적으로 공급하였는데, 그 결과를 Table 8에 정리하였다. 스로틀 25% 개방의 경우보다 가속정도가 높은 스로틀 30% 개방 가속의 경우에도 과급 공기를 공급할 때 가속 시간이 짧아져 가속 성능이 향상됨을 알 수 있다. 다만 가속 소요 시간 감소율이 10~5% 수준으로 완전한 가속인 스로틀 25% 개방의 결과보다는 낮은 수준임을 알 수 있다. 즉, 과급 공기를 공급하면 완전한 가속에서 가속성능이 크게 향상되고, 가속 정도가 높은 경우에는 가속성능이 향상은 되지만 그 증가율이 낮은 것이다.

이상의 출력 및 가속 성능 평가 결과로 볼 때 본 연구의 대상인 태양광발전 방식의 과급 시스템은 주로 저속 영역과 완전한 가속영역에서 효과가 있었다. 따라서 정지 후 출발과 같은 저속 주행 조건이 반복되는 상황에서 운전자가 선택적으로 작동시키는 경우 체감되는 효과가 클 수 있고, 1회에 약 10초 정도만 작동시킨다면 완전 충전 상태에서 약 70회까지 평균압력 5kg/cm²의 고압 에어를 공급할 수 있으므로 자동차용 과급장치로써 적용 가능한 수준으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 태양광발전장치를 차량 외부에 설치하고, 생산된 전기를 별도의 배터리에 충전하여 압축기를 가동하여 고압의 공기를 에어탱크에 저장하였다가 엔진 흡기계로 공급하는 방식의 자동차 엔진용 과급 장치의 성능을 평가하였다.

40W 수준의 태양광발전장치와 60Ah의 배터리, 소비전류 17A, 최고 압축압력 8kg/cm²인 압축기와 8L의 에어탱크를 조합한 과급 장치를 1300cc 가솔

린 엔진에 장착하여 새시동력계 상에서 차량 출력 및 가속 성능을 평가하였다.

- 1) 본 장치에 적용된 태양광발전 장치에서 배터리 완전 충전 기간은 6일, 평균압력 5kgf/cm^2 의 공기 8L를 10초간 70회 공급할 수 있어 운전자가 선택적으로 작동을 결정하는 방식의 자동차용 과급 장치로 적용 가능한 것으로 판단된다.
- 2) 태양광발전 방식의 과급장치는 기존의 터보과급기와는 달리 배기계를 막지 않기 때문에 배기가스 배출을 원활히 할 수 있고, 태양광을 에너지로 사용하기 때문에 전체적인 효율이 상승할 수 있을 것으로 판단된다.
- 3) 과급하는 경우 주행속도 20km/h, 스톱 15% 개방 조건에서 출력이 87% 증가하여 저속에서의 차량 출력이 크게 향상하였다.
- 4) 고속 영역으로 갈수록 과급에 의한 차량 출력의 향상 정도가 감소하여 60km/h, 스톱 35% 개방 상태에서의 출력은 약 3% 증가하는데, 이는 압축기와 에어탱크를 사용하는 장치의 특성 상 일정 유량으로만 과급할 수 있기 때문이다.
- 5) 과급하는 경우 스톱 25% 개방 조건으로 5→45km/h로 가속하는데 소요되는 시간이 약 50% 감소하고, 스톱 30% 개방조건에서는 가속 시간이 10% 이하로 감소하여, 완만한 가속 영역에서 가속 성능이 크게 향상되었다.

후 기

본 연구는 아주자동차대학 산학협력단의 후원을 받아 진행 되었습니다.

참 고 문 헌

- 1) 이대웅, 장길상, 오동훈, 조경석, 김용철, “태

- 양에너지 이용 자동차 공조시스템의 주차환기에 관한 연구”, 한국자동차공학회, 학술대회 논문자료집, 2010, pp. 23-28.
- 2) 엄명도, 김문석, 백두성, “볼 베어링 터보차저를 적용시 디젤엔진 성능 특성에 관한 연구”, 한국자동차공학회 논문집, Vol. 18, No. 4, 2010, pp. 74-78.
- 3) 정진은, 진영욱, 정동영, 정재우, “HIL을 이용한 터보과급기 승용 디젤 엔진의 과도 성능 예측”, 한국자동차공학회 논문집, Vol. 17, No. 5, 2009, pp. 127-132.
- 4) 최재성, 고대권, D. E. Winterbone, “과급기용 Radial Turbine의 비정상 유동특성에 관한 연구”, 한국자동차공학회 논문집, 1994년 3월 Vol. 2, No. 2, 1994, pp. 42-48.
- 5) H. G. Zhang, E. H. Wang, B. Y. Fan, M. G. Ouyang, S. Z. Xia, “Model-based Design of a Variable Nozzle Turbocharger Controller”, International Journal of Automotive Technology, Korea, 2011, Vol. 12, No. 2, pp. 173-182.
- 6) A. J. Torregrosa, J. Galindo, C. Guardiola, O. Varnier, “Combined Experimental and Modelling Methodology for Intake Line Evaluation in Turbocharged Diesel Engines”, International Journal of Automotive Technology, Korea, 2011, Vol. 12, No. 3, pp. 359-367.
- 7) 황정희, 안교상, 임희천, 김창수, 김신섭, “120 kW급 태양광 발전시스템 설치 및 실 계통연계 운전 결과 평가”, 한국수소 및 신에너지학회논문집, Vol. 17, No. 3, 2006, pp. 338-346.
- 8) 김봉진, 김종욱, “태양전지를 이용한 국내 Window Type 광전기화학 수소생산의 경제성 평가”, 한국수소 및 신에너지학회논문집, Vol. 21, No. 6, 2011, pp. 595-603.