

대학생 자작자동차대회 설계 비교 보고서



학교명	한양사이버대학교	팀명	망치모터스			
팀장	고민규	지도교수	염광욱			
전년도 수상 실적	baja 부문 은상 수상					
차량 내용						
구분	명칭	길이(mm)	폭(mm)	높이(mm)	무게(kg)	비고
전년도	닌자거북이	2350	1410	1500	250	
올해	터보통학차	2350	1410	1460	260	

상기 참가팀은 전년도 KSAE 대학생 자작자동차대회에서 상위 입상한바 다음과 같이 설계 비교 보고서를 제출합니다.

2024년 06월 01일

대학생 자작자동차대회 조직위원회 귀중

- 주의사항 : 보고서를 미제출하였을 경우 총점의 20%가 감점됩니다.
보고서는 최대 5장을 넘지 않도록 작성하시고, 증빙자료 (사진, 설계도 등)를 첨부하시기 바랍니다.
- 작성포맷 : 글씨체 맑은고딕 11pt, 글자색 검정, 줄 간격 160%, 좌우여백 18mm로 작성 (작성 시 위의 주의사항과 작성포맷은 삭제)

■ Summary

작년 대회 결과를 통해 내구성이 증명된 차체 강성에서 동일 배기량을 사용하는 자연 흡기 엔진 기반 대비 확실한 격차를 벌리기 위해 출력향상을 중점을 두어 설계하였다.

■ Preliminary Design

1. 기존 차량은 일반 VJF 125cc 자연 흡기 엔진으로 약 14마력의 출력을 냈지만 2024년 제작 차량은 터보과급기 적용 및 튜닝을 통하여 기존 출력 대비 약 30% 향상되었고, 결과적으로 0 to 60km/h 가속이 13초에서 09초로 단축, 종속은 74km에서 96km로 상승했다.

2. 터보과급기 장착 시 기존 12:1 ~ 18:1 공연비 구간에서 11.8:1 ~ 14.7:1 구간을 사용하면서 내구레이스에 필요한 연료의 총량이 늘어났다. 이에 기존 6L의 연료탱크에서 규정 범위 내에서 최대용량 8L의 연료탱크를 새로 제작하여 장착하였고, 엔진 상부의 위치에서 엔진 측면으로 위치를 변경함으로 무게중심을 낮추고 브라켓에 가해지는 스트레스를 줄이고자 규정 범위 내 프레임 하단 부분에 위치하였다.

■ Detail Design

-엔진 터보과급기 튜닝 실행 및 근거

제어와 정비가 용이한 싱글 실린더, 단기통이고, 과급 튜닝이 가능한 EFI 시스템의 엔진 중 빠른 부품 수급과 정비 비용 절감을 위해 125cc 국산 엔진을 선정하였다.

과급 시스템을 적용하여 작년 대비 올해 엔진 출력을 30% 개선 하여, 더 좋은 기록과 성적에 도달할 수 있도록 하였다.

'디엔에이모터스'사의 VJF-125 엔진을 사용하되, 터보차저 시스템을 적용함으로써 전자제어 엔진에 대해 심도 있는 학습이 되었으며, 본 연구 활동을 통하여 엔진의 성능을 검증하고 체계적으로 제어할 수 있는 기술의 방향과 토대를 마련하였다.

-엔진 압축비 조정

'디엔에이모터스' VJF-125 엔진의 순정 압축비는 11.8:1이다.

터보차저 튜닝을 위해 아래 그림_1과 같이 압축비를 9.8:1로 낮게 조정하였다.

엔진의 기밀성과 안정성 확보를 위해 피스톤 및 연소실 가공을 하지 않고, 실린더 가스켓의 두께를 조정하여 연소실체적을 늘리는 방법으로 압축비를 조정하였다.

여러 두께의 플레이트를 적용해 보고 계산을 통해 VJF-125 터보의 최적 압축비를 9.8:1로 선정하였다. 같은 점화 값과 연료값으로 실제 주행 테스트를 해본 결과 이보다 높은 압축비를 적용하였을 때에는 노킹 현상이 발생하였고, 낮은 압축비를 적용하였을 때에는 긴 터보래그 및 출력이 낮아지는 현상이 발생하였다.

압축비 조정은 1T SUS 플레이트를 순정 가스켓의 형태로 레이저 가공하여 크랭크실과 실린더 사이에 스페이서 형식으로 설치하여 최종 체적간극 (Vc)을 증가하였다.

VJF 125cc spec

압축비 = 11.8:1 , Vs = 124.1 , 보어 = 56.5mm , 스트로크 = 59mm

VJF 125 순정 체적간극 (Vc1)

$$V_{c1} = \frac{V_s}{(\epsilon - 1)} = \frac{124.1}{(11.8 - 1)} = 11.49cc$$

VJF 125 turbo 압축비 ϵ

$$\epsilon = 1 + \frac{124.1(V_s)}{v_{jvf125\text{순정체적간극}(V_{c1}) + v_{jvf125\text{터보체적증가량}(V)}$$

* 가스켓 누림량은 고려하지 않음

VJF 125 turbo 체적증가량 (V)

1T 플레이트 적용 시

$$V = \frac{(\pi \times 5.65 \times 5.65)}{4} \times 0.1 = 2.507cc$$

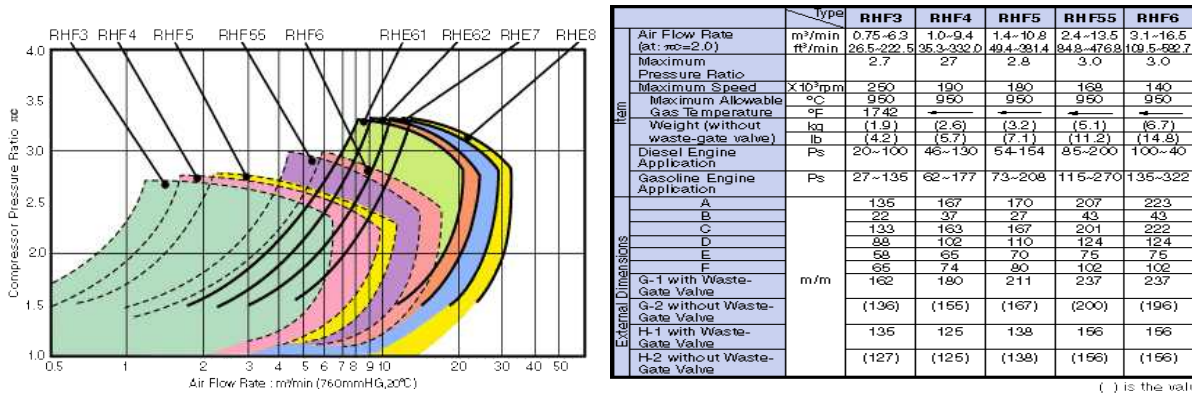
$$\epsilon = 1 + \frac{124.1}{11.49 + 2.507} = 9.866$$

∴ 1T 플레이트를 적용하여 VJF-125 TURBO 최적압축비인 9.8:1로 선정함

그림_2 125cc 터보엔진 압축비 계산식

-흡기 & 배기

터보차저는 신뢰성이 높은 일본 경차(스즈키사 F6A 657cc) OE 터보로 선정하였으며, 그림_2를 참조하여 125cc 저 배기량에 알맞는 IHI사의 VZ21 RHB31 터보차저를 적용하였다.



그림_3, 4 VZ21 RHB31 Turbo OUTPUT RANGES / TECHNICAL INFORMATION

목표 부스트는 엔진의 내구성과 안전성을 고려하여 14.5psi (1.0bar)을 타겟으로 설정하였으며, 저 배기량 특성상 충분한 배기가스가 터빈을 돌리지 못해 발생하는 터보래그 문제를 해결하고자 정확하고 빠른 부스트를 형성할 수 있도록 ECU에서 제어하는 전자식 부스트컨트롤러를 3port 솔레노이드 밸브를 추가하여 적용하였다.

흡기라인은 열 방출이 뛰어난 알루미늄파이프로 제작하였고, 흡기라인의 각 연결부는 기밀성이 높은 고압 실리콘튜브로 연결하였다.

또한 인터쿨러를 적용해 흡기온을 낮추어 실제 흡입공기량을 늘렸다.

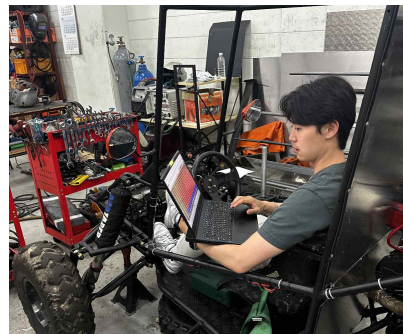
-냉각

엔진의 목표 냉각수 온도는 섭씨 75도 이하로 유지하기 위해 대용량 라디에이터와 냉각팬을 적용하였으며, 오일 온도 섭씨 110도 이하로 유지하기 위해 외장형 오일쿨러를 적용하였다. 이는 터보 엔진 특성상 정상 엔진 온도 보다 낮게 유지함으로써 노킹 및 엔진 내구도를 향상시키고자 하였다. 또한 대용량 냉각팬을 이용한 라디에이터, 인터쿨러, 오일쿨러를 왓세이로 패키징하여 흡기온, 유온, 수온을 효율적으로 제어하였다.

-검증 및 테스트

엔진 및 샤시 다이내모 없이 모든 과정을 실차 주행과 이벤트 주행을 통하여 엔진과 맵핑을 시험하고 보안하여 안정적으로 세팅 및 개발하였다.

기존 엔진에 터보차저를 추가함에 따라 엔진 열이 순정 대비 엄청나 외장형 오일쿨러와 대용량 라디에이터를 적용하였으며, 오일 압력을 높이고 유지하기 위해 릴리프밸브를 수정하였다.



그림_5 테스트 주행 및 맵핑

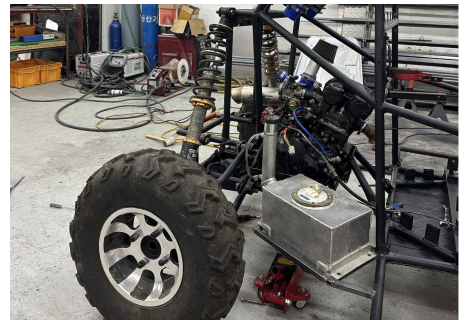
■ Manufacturing



그림_6 터보과급기 장착



그림_7 연료탱크 수정 전



그림_8 연료탱크 수정 후

■ Conclusion

본 차량은 군산 BAJA 경기 입상 차량으로 검증된 내구성과 차량 규정에 맞추어 설계 및 제작되었다. 연료 소비 증가로 연료통을 규정 범위 내 최대용량으로 맞추어 내구레이스 완주에 맞추어 제작하였다. 터보차저 및 규정 범위 내 증대된 연료통을 적용하여 결과적으로 작년 대비 10kg 늘어난 260kg 로 차량의 무게가 다소 증가하였으나 터보과급기의 출력향상으로 더 빠른 운동성능을 확보하였다. 개선된 차량의 안정성과 내구성 또한 온/오프로드 환경에서 테스트 및 검증을 하였다.