

대학생 자작자동차대회 설계 비교 보고서



학교명	국민대학교	팀명	KOOKMIN RACING KEF-25			
팀장	조현성	지도교수	김흥규 교수님			
전년도 수상 실적	2024 KSAE Grand Prix Formula					
차량 내용						
구분	명칭	길이(mm)	폭(mm)	높이(mm)	무게(kg)	비고
전년도	KOOKMIN RACING KEF-24	3009.5	1404	1178	218	40kW 초과 E-Formula
올해	KOOKMIN RACING KEF-25	2995.2	1404	1178	219	80kW 이하 E-Formula

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

2025년 06월 15일

대학생 자작자동차대회 조직위원회 귀중

■ Summary

KOOKMIN RACING은 2020년부터 전기 시스템 차량의 연구 및 개발을 시작하여 구동 시스템의 안정성 확보를 위해 노력해왔다. 지난 2024년 KSAE Formula 부문에서 다시 한번 성공적인 구동을 이뤄낸 KEF-24 차량의 경우 KOOKMIN RACING의 전기차량으로서 2번째 KSAE Grand Prix Formula를 이루어낸 차량으로 '경량화 기반 차량 동적성능 확보'의 목표로 개발된 차량이다.

KEF-24 차량의 경우, 전반적인 경량화를 통해 줄어든 배터리 용량에 추가적인 마진을 확보하고 안정적인 출력 퍼포먼스를 얻을 수 있었다. 하지만 주행 중 높은 새시 피로도로 인해 피로파손 및 모노코크의 국부 응력 집중 현상이 발생하여 구조적 손상의 위험이 지속되었다. 또한 잦은 BSPD 작동으로 인해 차단 회로 개방 시 재시동이 불가능하였다. 이에 새시 및 전기 시스템의 안정성을 강화해 대회 중 DNF 상황을 방지하고자 하였다.

KEF-25 팀은 KEF-24 차량의 개발 방향이었던 '차량 부하 감소를 통한 퍼포먼스점을 유지하면서, 새시 및 전기 시스템 개선을 통해 '높은 퍼포먼스 기반 차량 안정성 강화'를 구현하고자 하였다. 이에 동적 상황별 피크로드 값을 활용하여 구조적 안정성을 확보하였고 BSPD reset 기능을 추가하였다.

이번 40kW 초과 E-Formula 차량은 이전 차량의 새시 및 전장 회로의 불안 요소를 제거하여, 안정적인 성능을 지속적으로 발휘할 수 있도록 설계되었다.

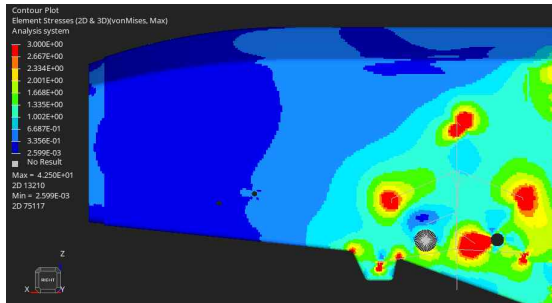
■ Preliminary Design

KEF-24 차량 제원	앞 (전륜)	뒤 (후륜)
전장 / 전폭 / 전고 (mm)	3,009 mm / 1,404 mm / 1,178 mm	
축거 : 휠베이스 (mm)	1,540 mm	
윤거 : 트레드 (mm)	1,180mm	1,160mm
공차중량(설계) (kg) (드라이버 미포함)	총 중량 : 218kg	
무게배분 비율 (%) (드라이버 포함)	49.1% (Front)	51.3% (Left)
구동 시스템 구성	Emrax 228MV LC + Cascadia PM100DX	
축전지 최대 전압(V) / 최대 전류(A)	294V / 272A	
기어비	3.667 ~ 4.11 : 1	

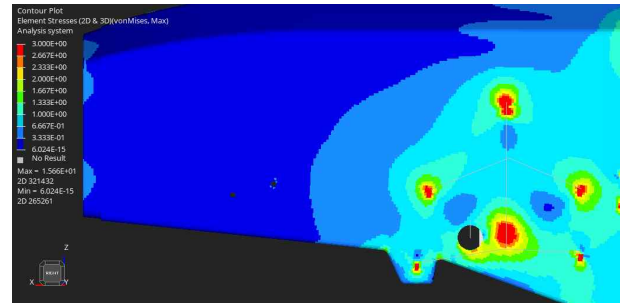
KEF-25 차량 제원	앞 (전륜)	뒤 (후륜)
전장 / 전폭 / 전고 (mm)	2,995 mm / 1,404 mm / 1,178 mm	
축거 : 휠베이스 (mm)	1,540 mm	
윤거 : 트레드 (mm)	1,180mm	1,160mm
공차중량(설계) (kg) (드라이버 미포함)	총 중량 : 219kg	
무게배분 비율 (%) (드라이버 포함)	48.9% (Front)	49.6% (Left)
구동 시스템 구성	Emrax 228MV LC + Cascadia PM100DX	
축전지 최대 전압(V) / 최대 전류(A)	294V / 272A	
기어비	4.182 : 1	

■ Detail Design

① Chassis



<KEF-24 Steel Backplate>

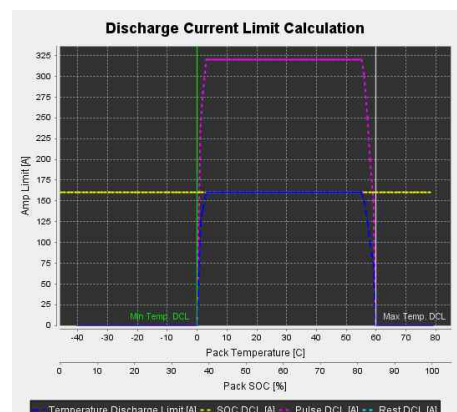


<KEF-25 CFRP Backplate>

KEF-25 차량에서는 Hexagon사의 Adams car를 통해 Suspension 각 link에 가해지는 부하를 계산하였다. 이를 통해 각 link로부터 차체에 전달되는 peak load를 산출할 수 있었다. 이를 근거로, KEF-24 차량에 사용되던 작은 크기의 Steel Backplate를 CFRP Backplate로 변경하였다. 기존 Steel Backplate는 크기가 작아 하중을 효과적으로 분산하지 못했고, 그로 인해 국부적인 응력 집중 현상이 발생했다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Altair사의 Hypermesh를 활용하여 구조 해석을 수행하였다. 해석에는 풀 가속, 급제동, 선회 등 다양한 동적 상황이 반영되었다. 이후 Shuffle 기능을 통해 최적의 적층(Ply) 배열을 도출하고, 이를 바탕으로 백플레이트를 제작하였다.

그 결과, 동일한 크기의 Steel Backplate 대비 약 1kg의 경량화를 달성하였다. 또한 Backplate의 국부 강성을 확보함으로써 차체 결합부의 응력 집중을 완화하고, 진동 전달 감소 효과를 기대할 수 있었다. 이를 통해 새시의 내구성과 구조적 안정성이 향상되어 차량 성능 개선에 기여하였다.

② Powertrain



KEF-24 차량은 최대전류보다 높은 Discharge Current Limit을 설정하여 과전류 상황에서 시스템 보호가 충분히 이루어지지 않았다. 이로 인해 Main Fuse를 포함한 주요 부품이 손상될 위험이 있었다.

KEF-25 차량에서는 전류 제한을 보다 엄격하게 설정하는 한편, 단시간 동안 높은 전류 펄스를 허용하는 방식을 도입하여, 성능 저하 없이 시스템 보호를 강화하였다. 또한, 퓨즈 정격에 맞춘 설정으로 보호 회로의 신뢰성이 강화되어 시스템 전반의 안정성이 향상되었다.

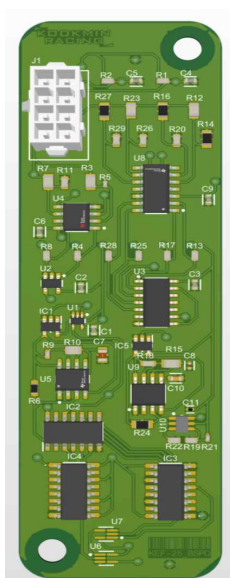
③ GLVS

KEF-25 Circuit은 기존 회로의 주요 흐름을 유지하면서도 전반적인 안정성과 신뢰성 향상을 목표로 설계 방향을 설정하였다. 특히 고전압(HV)이 인가되는 영역에 탑재된 TSAL(Traction System Active Light), Voltage Indicator 등의 시각 경고 장치에 연결되는 저항 및 관련 부품들은 기존 회로에서 발열이 심해, 장시간 운용 시 성능 저하나 소자 손상 우려가 있었다. 이에 따라 정격 전압 및 전력이 높은 소자로 해당 부품들을 전면 교체하여 시스템의 안정적인 작동을 확보하였다.

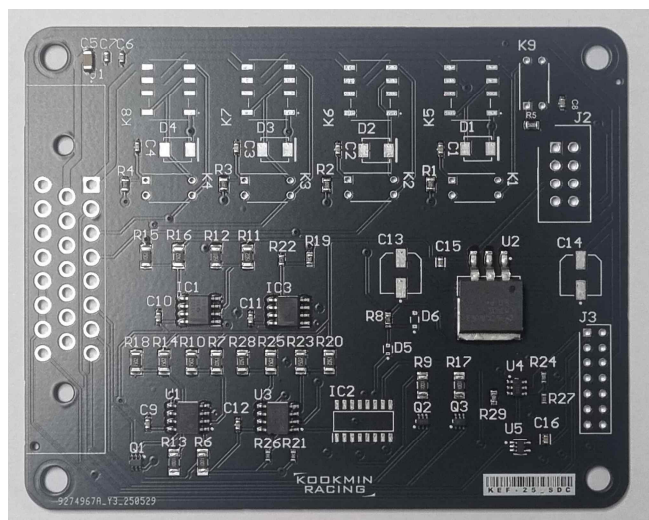
BSPD(Brake System Plausibility Device) 회로의 경우, 기존에는 브레이크와 가속 페달의 동시 입력을 감지한 후 약 0.5초 이내에 Fault로 판별하는 로직이 R-C delay 회로 기반으로 구현되어 있었다. 하지만 작년 대회에서는 이 방식의 신뢰성이 낮다는 지적을 받았고, 이는 사용된 저항 및 커패시터의 공차로 인해 실제 지연 시간이 의도와 다르게 동작할 수 있으며, 발열이나 환경 변화로 인해 회로가 불안정해질 수 있기 때문이었다. 이에 따라 이번 설계에서는 디지털 방식의 Binary Counter와 Binary Comparator를 이용한 회로로 대체하였고, 그 결과 외부 요인에 영향을 덜 받는 정확하고 재현성 높은 동작을 구현할 수 있었다.

또한, 기존 회로에는 없었던 10초 지연 리셋 로직을 신규 도입하였다. 이는 대회 중 페달 오작동이나 일시적인 센서 오류로 인해 시스템이 차단되는 경우를 대비하여 Fault 이후 일정 시간 이내에 페달 입력이 정상으로 복귀하면 자동으로 시스템을 리셋하여 주행을 이어갈 수 있도록 하기 위함이다.

아울러, BSPD용 전류 센서(Current Sensor)와 방전 회로(Discharge Circuit)는 2025년 차량기술규정 개정 사항을 반영하여 설계 위치를 조정하였다. 기존에는 Accumulator 내부에 설치되어 있었으나, 개정 규정에 따라 HVD Housing 내부로 이전하였다. 이를 통해 접근성과 유지보수성이 향상되었으며, 시스템의 규정 적합성도 충실히 확보할 수 있었다.



<KEF-25 BSPD>



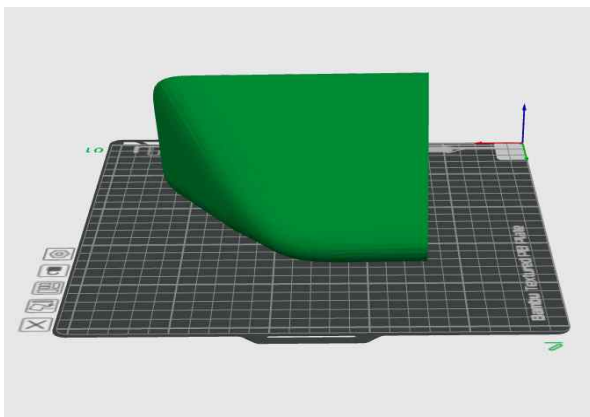
<KEF-25 SDC>

■ Manufacturing

KEF-25 차량 제작 과정에서는 기존 몰드를 재사용하는 동시에, 규정을 만족시키기 위해 노즈의 곡률 반경(R값)을 조정해야 했다. 이를 해결하기 위해 3D 프린팅 기반의 신규 몰드 공정을 도입하였다.

성형에 필요한 카본 경화 온도인 130°C를 견딜 수 있도록, 내열 온도 194°C를 가진 PAHT-CF 필라멘트를 사용해 몰드를 제작하였다.

3D 프린팅 공정은 설계한 노즈 형상을 높은 정밀도로 구현할 수 있으며, 제작 비용이 낮다는 장점도 있다. 이 방식은 실제 차량의 다양한 부품 제작에도 활용되었으며, 향후 복잡한 형상의 부품을 제작할 때도 매우 유용한 대안이 될 것으로 기대된다.



<KEF-25 Nose 3D Print>

■ Conclusion

KEF-25 차량은 대회 환경에서 높은 성능을 안정적으로 발휘할 수 있도록 제작되었다. 이전 차량은 KOOKMIN RACING의 E-Formula 중 가장 뛰어난 성능을 보여주었지만, 새시 내구도 저하와 잦은 BSPD 트리거로 인해 완전한 안정성을 확보하지는 못한 채 대회에 출전하였다.

이에 따라 KEF-25 차량은 높은 성능을 유지함과 동시에, 안정적인 시스템 운용을 통해 대회를 완주할 수 있는 신뢰성 높은 차량으로 개발되었다.



<KEF-25 Full Assembly>