대학생 자작자동차대회

설계 비교 보고서

학교명	서울과학기술대학교	팀명	MIP
팀장	이정원	지도교수	임성진
전년도 수상 실적	금상		

차량 내용

구분	명칭	길이(mm)	폭(mm)	높이(mm)	무게(kg)	비고
전년도	ME-12	2460	961.36	1115	129	
올해	ME-13	2425	1000	1125	135	

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

2024 년 8 월 2 일

대학생 자작자동차대회 조직위원회 귀중

■ Summary

ME-13 차량은 '새로운 시도와 발전'을 궁극적인 목표로 한다. 수차례의 대회 경험을 바탕으로 발전을 거듭해 오며 기존 방식과 모터로 다양한 도전을 많이 해왔기에, 올해는 새로운 방식과 모터를 사용함으로써 더 높은 성과와 발전을 이루고자 하였다. 동시에 차량의 운동 성능이 잘 드러나는 코너링에서 더욱 원활하고 안정적이면서도 빠른 주행을 가능케 하고자 했다.

ME-13 차량은 싱글 모터를 사용한 ME-12 차량과 달리, 듀얼 모터를 사용하여 두 모터를 각각 제어하는 'torque vectoring'을 시도한다. torque vectoring을 통해 더욱 원활한 코너링과 주행 특성의 자유로운 조작을 가능하게 할 것이다.

또한, 후륜의 경우 inboard brake 구조를 채택하여 현가하질량 감소를 꾀하였다. 이외에도, 카울의 side duct를 제작하여 기존의 쿨링팬을 이용한 냉각 방식에서 나아가 유동 해석을 통한 공기의 흐름을 이용한 냉각 방식을 새롭게 시도하였다.

■ Preliminary Design

torque vectoring을 통해 주행 특성을 조작할 수 있다는 장점을 십분 활용하고자 차량의 안정성을 높이는 방향으로 설계하였다. ME-12 차량의 최소회전반경이 대회 코스를 주행하기에 충분히 여유가 있다고 판단하였기에 FRH 앞 공간과 휠베이스를 50mm 늘리고, 윤거 또한 휠베이스와 비슷한 비율만큼 증가시킴으로써 주행 안정성을 높이고자 하였다. 대신, 늘어난 공간만큼의 무게는 범퍼의 길이를 85mm 줄임으로써 보상함과 동시에 오히려 차량 전체 길이는 줄어드는 결과를 내었다.

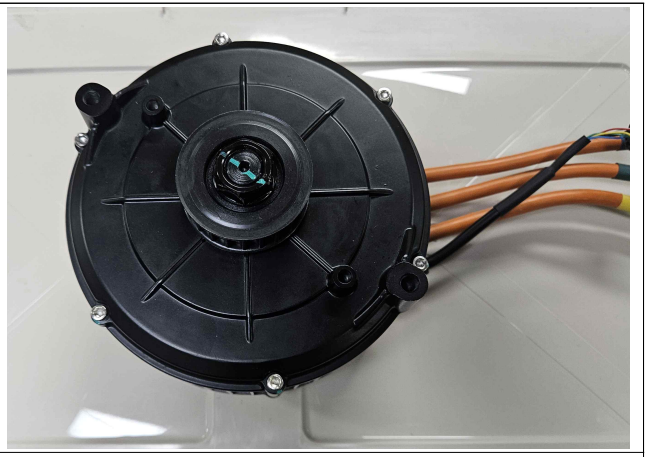
듀얼 모터를 사용함에 따라 모터와 컨트롤러, 동력 전달계 어셈블리 등이 추가되었고, 추가된 만큼의 부피 차지로 인해 RRH 뒷공간을 넓히는 등 전체적인 무게가 증가하리라 예상하였다. 그러나 이를 보완할 만큼 기존의 모터 대비 올해 모터의 토크가 강하다고 판단하였으며, torque vectoring을 통한 주행 성능의 향상으로 전체적인 성능 향상을 도모하였다.

모터 등의 무게 증가를 고려하여, 경량화가 가능한 부분에서 최대한 무게를 줄임과 동시에 현가하질량을 최소화하는 방향으로 설계 및 제작하였다. 또한 작년과 동일하게 드라이버 탑승 시 전·후륜 무게 배분을 50:50으로 목표하였다.

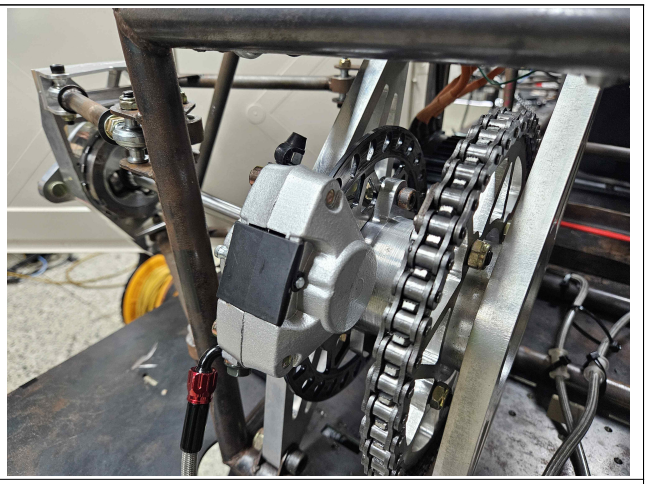
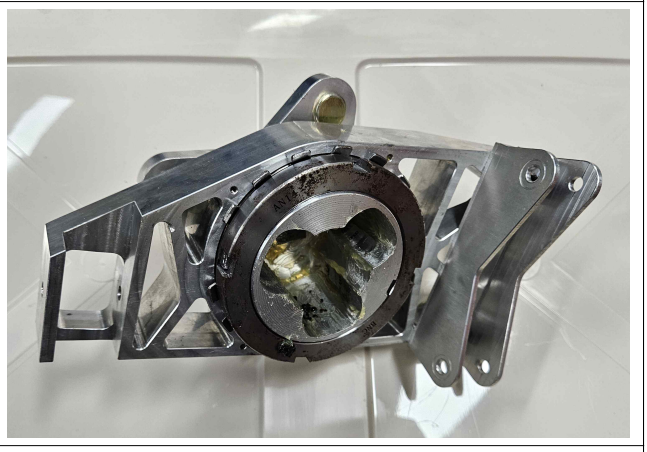
■ Detail Design

1. 동력 전달계

싱글 모터에서 듀얼 모터로 변경함에 따라, 효율 및 출력, 무게 등을 고려하여 모터를 선정하였다. 이 과정에서 In Wheel Motor 또한 후보 선상에 올랐으나, 차량의 성능 최적화를 위한 기어비 세팅과 현가하질량 등을 고려하여 최종적으로 AGNI 95R motor에서 5KW QS165 V2 motor로 변경하였다.

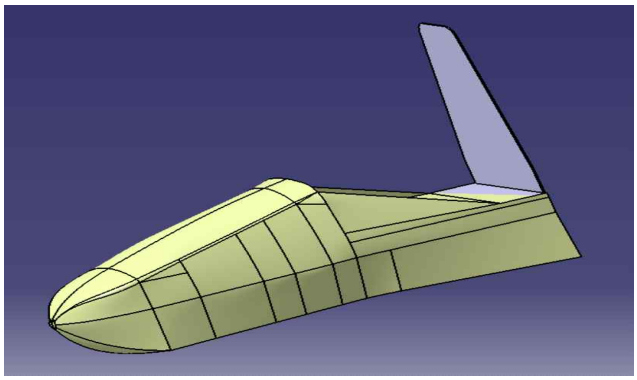
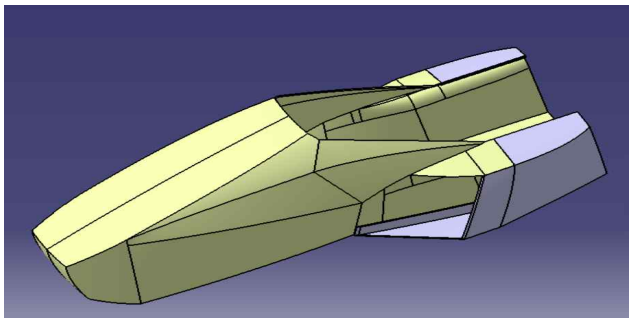
	
AGNI 95R motor	QS165 V2 motor

ME-13 차량은 torque vectoring을 적용함으로써 운전자의 스티어링 성향을 반영한 주행 특성의 세밀한 조절이 가능하다. 두 개의 모터를 독립적으로 제어할 수 있기에 LSD를 제거하여 약 3.1kg 경량화를 이루었다. 또한 inboard brake 방식을 사용하여 rear 업라이트를 새로 설계함으로써 약 2.3kg의 현가하질량 감소 효과를 얻었다.

	
ME-12 LSD	inboard brake
	
ME-12 rear upright	ME-13 rear upright

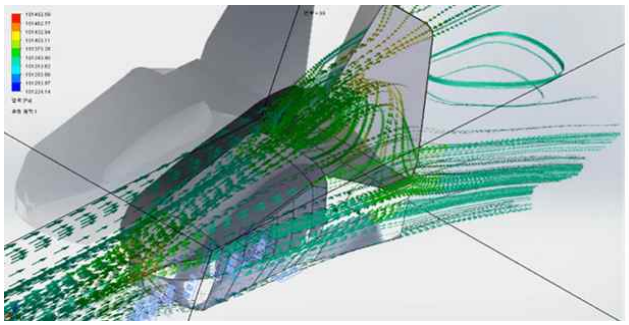
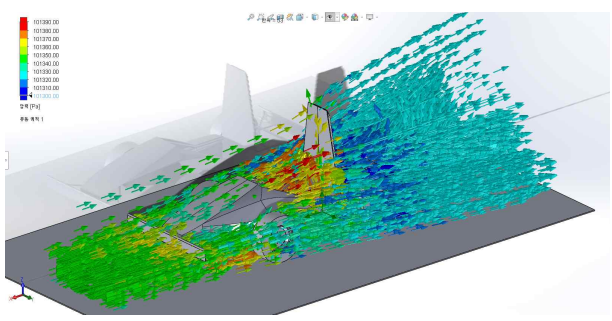
2. 카울

ME-13 카울은 몇 가지 목표를 바탕으로 전체적인 형상에 큰 변화를 주었다. 구동 방식의 변화로 인해 증가한 구동부의 발열을 공기의 흐름을 통해 냉각시키고자 함이 목표 중 하나이다. Side Duct를 추가한 형상을 바탕으로 CFD 해석을 돌린 결과, 공기가 원활하게 차량 구동부에 도달함을 확인했으며 공기 흐름을 통해 모터, 컨택터 등 차량의 구동부를 냉각시키는 것이 가능하다고 판단된다. 이에 대한 CFD 해석은 차량의 예상 평균속도인 60km/h 조건에서 진행하였다.

	
ME-12 카울	ME-13 카울

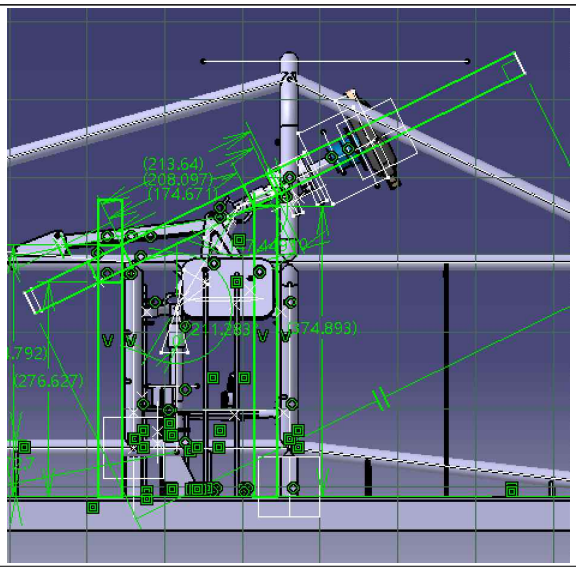
	ME-12	ME-13
Down Force	20.3726N	87.0498N
Drag Force (항력)	33.9034N	57.1110N

CFD 해석 결과 Down Force가 약 4.3배, 항력은 약 1.7배 증가하였음을 알 수 있다. 비록 항력의 증대는 차량의 효율성 측면에서 좋지 않다고 볼 수 있으나, Side Duct를 통한 공기 흐름으로 인한 차량 구동부의 냉각과 Down Force의 증대로 인한 주행 안정성을 높이는 것이 더욱 중요하다고 판단하였기에 해당 수치의 항력 증가는 감안하였다. 이외에도 공기 역학적인 성능이 개선되어 와류 억제 효과를 얻을 수 있을 것으로 보인다.

	
ME-12 CFD 해석	ME-13 CFD 해석

■ Manufacturing

ME-12 차량 조향축의 경우 육안과 수직 자석, 수평계 등을 활용하여 조향축의 위치를 잡았다. 그러나 ME-13 조향축은 프로파일을 사용하여 설계와 최대한 유사한 위치를 잡고자 하였다. 기존에 보유하고 있는 프로파일과 브라켓을 활용함으로써 해당 지그 제작에 별도의 비용이 들지 않았으며, 체결과 탈거가 용이하다는 장점이 있었다. 특히나 올해 차량은 torque vectoring을 위한 조향각 측정 센서인 AS5147이 부착되는 만큼 조향축의 정밀도가 중요하였기 때문에 위와 같은 방식을 채택하였다.

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>프로파일 각도 및 위치 설계</td><td>실제로 프로파일을 체결한 모습</td></tr>
</table>

■ Conclusion

동일한 목표를 가지고 차량 제작에 임한 MIP팀은 수년간 쌓아온 경험과 노하우를 토대로 ME-13에 적용하며 torque vectoring, inboard brake, side duct 등의 새로운 시도를 하고 있다. torque vectoring은 뛰어난 조향 성능 및 최적화된 주행 특성, inboard brake는 현가하질량 감소, side duct는 냉각 효과 및 와류 감소 등의 효과를 가져온다. 이러한 각각의 시도는 차량의 안전성과 높은 성능 및 완성도를 가져오며, 새로운 발전으로의 길을 마련해줄 것이다. MIP 팀원 모두가 ME-13 차량 제작에 몰두하고 있다. 차량 발전을 위해 새로운 시도를 많이 하는 만큼, 이번 대회에서 즐기는 마음으로 유익한 경험과 좋은 결과가 있기를 바란다.