MR 다판 클러치의 외부 코일형상에 따른 전자기장 해석

정준홍*, 전재훈*, 김옥환**, 김영춘**
*공주대학교 기계공학과
**공주대학교 기계자동차공학부
e-mail:yckim59@konju.ac.kr

Analysis of Electromagnetic Fields According to External Coil Shape of MR Multi-plate Clutch

Jun-Hong Jeong*, Jae-Hoon Jeon*, Ok-Hwan Kim**, Young-Choon Kim**
*Mechanical Engineering, Graduate School of Kongju National University
**Dept of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University

요 약

오늘날 자동차 분야의 발전으로 소비자들은 자동차의 디자인, 편의성, 안정성과 같은 감성공학에 대한 부분을 중요시 하고 있다. 이러한 감성공학에 대한 부분에서 차량의 안정성을 향상시키는 기술 중 하나인 4륜구동 기술은 오프로드용 자동차에만 적용되다가 자동차 분야의 발전에 따라 일반 차량에도 적용하여 소비자들이 중요히 생각하는 자동차의 안정성을 높이는데 사용되고 있다. 하지만 트랜스퍼케이스는 엔진 마운트 및 샤시 등을 통한 진동전달로 심각한 구조인 소음과 차체진동을 유발시킨다. 본 연구에서는 소비자들이 원하는 감성공학적 안정성을 얻기 위해 4륜구동장치의 핵심 부품인 트랜스퍼케이스에 MR(Magneto-Rheological)유체를 적용하여 진동과 소음을 저감시키는 것이 목표이다. MR유체는 이미 충격 흡수장치, 진동 절연장치 그리고 브레이크 및 클러치, 댐퍼와 같은 다양한 장치에서 적용되어 왔지만 트랜스퍼 케이스에는 아직 사용이 되고 있지 않은 실정이다. 4륜구동 기술이 일반 차량에도 적용되는 지금, 소음과 진동을 저감시키기 위한 MR유체의 트랜스퍼 케이스에 대한 적용에 대한 연구가 필요한 시점이다. 토크 성능을 수학적으로 모델링 하여 다판 클러치의 크기를 최적화 하였으며, 최적 설계된 다판 클러치를 3D 모델링 하여 MR 전자기장 해석을 진행하였다. 해석 프로그램은 Ansys Maxwell을 사용하였다. 전자기장 해석은 코일의 형상에 따라 MR유체에 작용하는 자기장의 세기를 확인하여 코일의 설계 변수를 최적화 하였다.

1. 서론

오늘날 자동차 분야의 발전으로 자동차의 출력 및 효율은 나날이 높아지고 있다. 자동차의 성능이 올라감에 따라 소비자들은 눈을 돌려 자동차의 디자인, 편의성, 안정성과 같은 감성공학에 대한 부분을 중요시 하고 있다. 즉, 소비자들을 만족시키기 위해서는 사람의 감성에 대한 중요성이 커지고 있다. 차량의 안정성을 향상시키는 기술 중 하나인 4륜구동 기술은 오프로드용 자동차에만 적용되다가 자동차 분야의 발전에 따라 일반 차량에도 적용하여 소비자들이 중요히 생각하는 자동차의 안정성을 높이는데 사용되고 있다.[1]

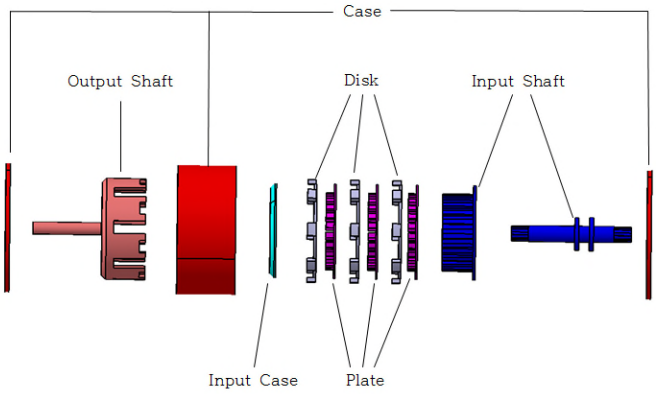
본 연구에서는 소비자들이 원하는 감성공학적 안정성을 얻기 위해 4륜구동장치의 핵심 부품인 트랜스퍼케이스에 MR(Magneto-Rheological)유체를 적용하여 진동과 소음을 저감시키는 것이 목표이다. [2]

MR유체는 이미 충격 흡수장치, 진동 절연장치 그리고 브레이크 및 클러치, 댐퍼와 같은 다양한 장치에서 적용되어 지고 있고 연구도 진행되고 있다.[3-6]

2. 본론

2.1 클러치 모델링

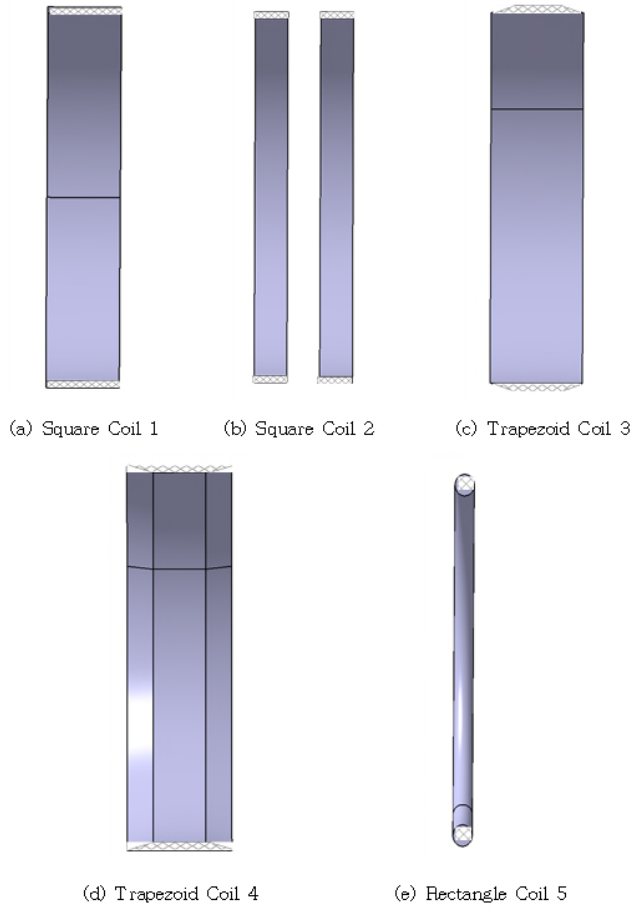
MR유체가 적용된 트랜스퍼 케이스를 설계하기 위해 습식 다판 클러치를 모델링 하였다. 설계된 습식 다판 클러치 내부 구성은 그림 1과 같고 케이스 내부에는 기구물을 제외한 모든 부분에 MR 유체가 채워지게 된다. Input에 있는 허브를 눌러주는 힘의 비율에 따라 Output으로 넘어가는 회전량을 조절한다. Disk와 Plate는 총 3개의 면적에서 체결하게 설계되었다. 이렇게 설계된 습식 다판 클러치 케이스 외부에 형상별로 코일을 감게 된다.



[그림 1] Clutch Deployment Diagram

2.1.1 연구 모델

코일의 종류는 그림 2을 보면 총 5가지로 직사각형 형상으로 감은 (a), 직사각형 2개의 형상으로 감은 (b), 밑변이 큰 사다리꼴 형상으로 감은 (c), 윗변이 큰 사다리꼴 형상으로 감은 (d), 원 형상으로 감은 (e)이다.



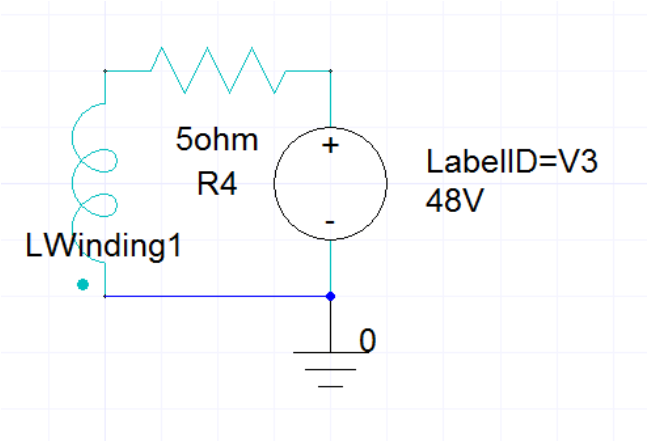
(a) Square Coil 1 (b) Square Coil 2 (c) Trapezoid Coil 3

(d) Trapezoid Coil 4 (e) Rectangle Coil 5

[그림 2] Coil Geometry

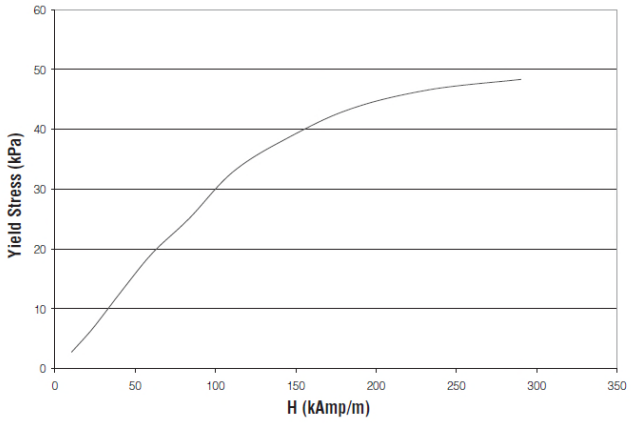
2.1.2 실험 조건

해석을 진행하기 위해 클러치의 내부 빈공간 모든 부분에는 MR유체가 충전되어 있다고 가정하였고 코일은 500턴으로 설정하였으며 전자기장 해석을 위해 코일의 저항은 5Ω, 전압은 48V로 설정하였으며 그림 3과 같이 설계하였다.



[그림 3] Circuit Design

여기서 μ는 유체의 점도, ω는 입력축의 회전 각속도이다. MR유체는 MRF-132DG모델을 사용하였고 점도는 0.112pa-s이다.

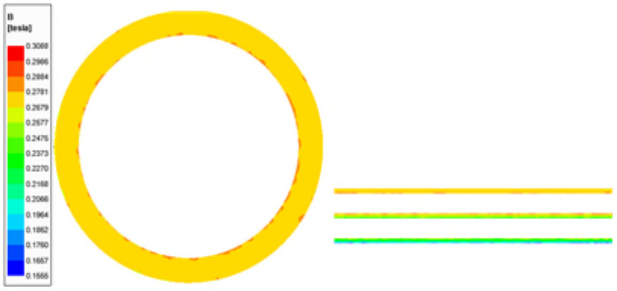


[그림 4] MR Fluid B-H Curve

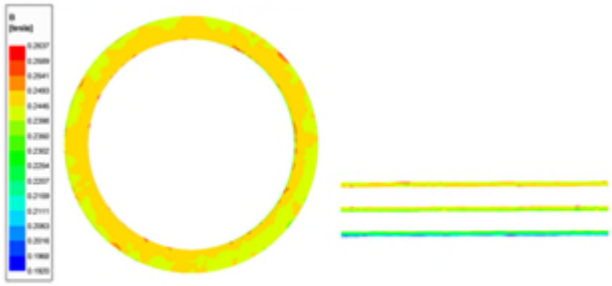
2.2 실험 결과

2.2.1 MR유체 자기장 해석 결과

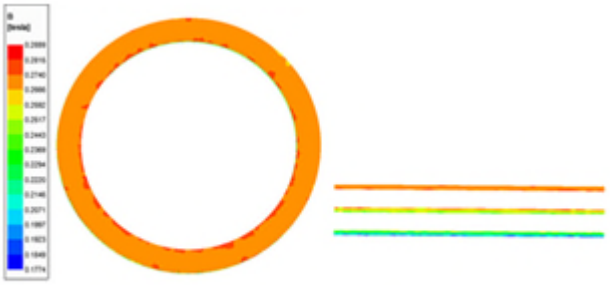
그림 5는 MR유체에 걸린 자기장 해석 결과이다. MR유체 위치별 걸리는 자기장이 다른데 클러치 모델링에서 위아래가 대칭이 되지 않아 발생하는 차이이다. 코일 형상별 걸리는 가장 많은 영역을 차지하는 자속밀도는 (a)은 0.2679Tesla, (b)에는 0.2541Tesla, (c)에는 0.2740Tesla, (d)에는 0.2744Tesla, (e)에는 0.2644Tesla가 확인되었다.



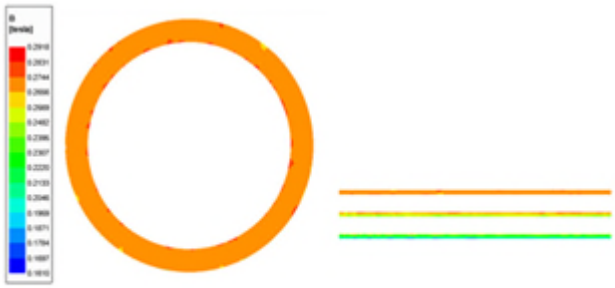
(a) Square Coil 1



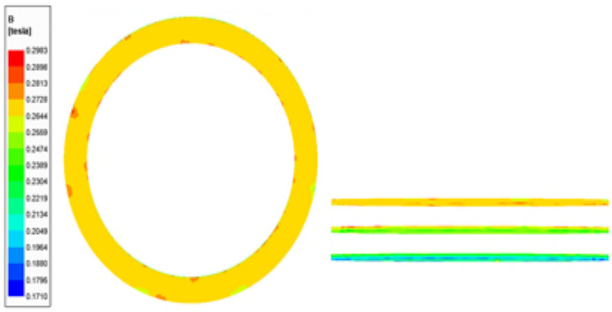
(b) Square Coil 2



(c) Trapezoid Coil 3



(d) Trapezoid Coil 4

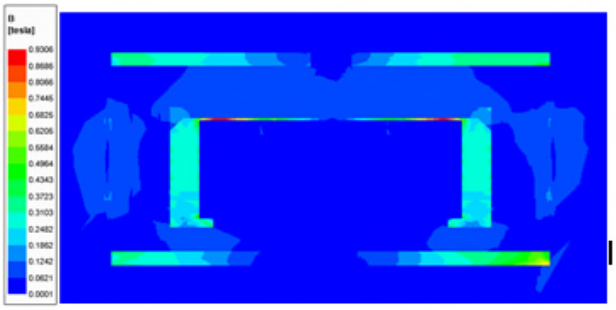


(e) Rectangle Coil 5

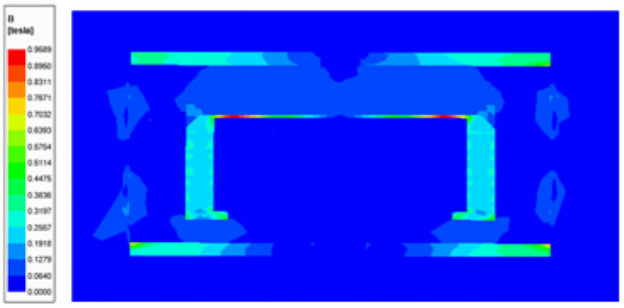
[그림 5] MR Fluid magnetic field analysis

2.2.2 클러치 자기장 해석 결과

그림 6은 MR유체를 적용한 클러치 한 면의 자기장 해석이다. 디스크와 플레이트에 걸리는 자기장이 위아래 대칭되지 않는 이유는 클러치 모델링이 위아래가 대칭되지 않기 때문이다. 코일 형상별 디스크와 플레이트 사이의 체결하는 MR에 걸리는 자속밀도는 (a)에는0.3103Tesla, (b)에는 0.2557Tesla, (c)에는 0.3280Tesla, (d)에는 0.3090Tesla, (e)에는 0.3118Tesla가 확인되었다.

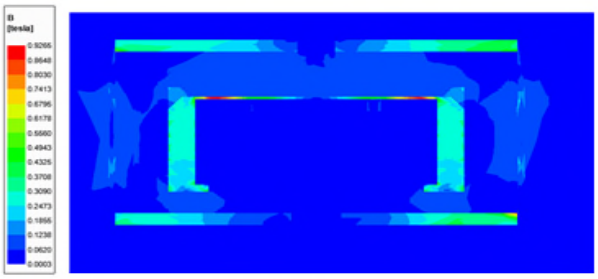


(a) Square Coil 1

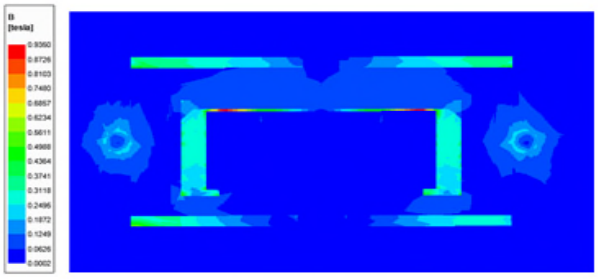


(b) Square Coil 2

(c) Trapezoid Coil 3



(d) Trapezoid Coil 4



(e) Rectangle Coil 5

[그림 6] Clutch magnetic field analysis

3. 결론

본 논문에서는 형상에 따른 MR 마찰 다판 클러치 자기장 해석을 진행하였다.

Ansys Maxwell 해석프로그램을 사용하여 연구를 진행하였으며 클러치에 감아지는 코일의 형상에 따른 MR유체에 걸리는 자기장 양에 대해 연구를 진행하였다.

- MR유체 자기장 해석 결과에서 가장 높은 Tesla값을 가진 Coil은 0.2744Tesla가 나온 Trapezoid Coil 4이며, 가장 낮은 Tesla가 나온 Coil은 0.2541Tesla가 나온 Square Coil 2이다.
- 클러치 자기장 해석 결과에서 가장 높은 Tesla값을 가진 Coil은 0.3280Tesla가 나온 Trapezoid Coil 3이며, 가장 낮은 Tesla가 나온 Coil은 0.2557Tesla가 나온 Square Coil 2이다. 토크 값은 수식에 따라 평균 자속밀도에 비례하므로 가장 높은 평균 자속 밀도 값을 가진 Trapezoid Coil 4에 가장 높은 토크 값을 가진다. 그리고 가장 낮은 평균 자속밀도를 가진 Coil은 Square Coil 2이므로 가장 낮은 토크 값을 가진다.
- 사다리꼴 형태의 Trapezoid Coil 3, Trapezoid Coil 4은 PCB코일을 가진 영구자석 전동기의 권선형태 비교 분석이라는 논문에서와 같이 비슷한 경향을 가지고 있었으며, 직사각형의 단을 나눈 Square Coil 2는 전류가 흐르는 방향에 따라 평균 자속밀도가 다르기 때문에 발생하는 차이로 생각된다. 5가지 코일 형상 중 가장 높은 평균 자속밀도를 가진 Trapezoid Coil 4를 사용하는 것이 가장 효율 좋은 방법임을 알 수 있었다.

후기

이 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.
(No.2018R1D1A3B07050288)

참고문헌

(1) H. J. Ham, J. K. Lee, N. J. Jeon, J.M. Yoo, E. S. Seo, H. C. Lee, A Study of Torque Distribution Control for 4WD Vehicles, 2009 KSAE Conference, pp. 795~800 , 2009

(2) U. J. Nam, U. J. Moon, M. G. Park, Y. H. Lee, Electromagnetic Design Methodology for MR Fluid Actuator, Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers Vol. 30, No. 10, pp. 1,305~1,313, 2006

(3) S. H. Ha, M. S. Sung, O. H. Goo, S. B. Choi, Optimal Design of MR Damper : Analytical Method and Finite Element Method, Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 19, No. 11, pp. 1,110~1,118, 2009

(4) J. H. Song, S. W. Son, J. G. Jeon, Y. C. Gwon, Y. S. Ma, Electro-Magnetic Field Analysis for Optimal Design of Magneto-Rheological Fluid Damper Core, Journal of the Korean Academic Industrial Society, Vol. 9, No. 6, pp 1,511~1,516, 2008,

(5) J. H. Song, S. W. Son, G. S. Lee, J. G. Jeon, Comparison of Performances refer to Magnetic and Fluid Analysis of Magneto-Rheological Flow Damper, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, pp. 98~102, 2009

(6) M. J. Kim, J. D. Park, E. J. Lee, Y. W. Hong, H. W. Kim, Performance Evaluation of Radial type MR Brake, 2018 Korea Society of Automotive Engineers Spring Conference, pp. 393~393, 2018