

MR 유체를 적용한 Multi-Plate Clutch의 최적설계

박진영¹, 김영춘^{2*}, 오종석², 전재훈¹, 정준홍¹
¹공주대학교 기계공학과, ²공주대학교 기계자동차공학부

Optimal Design of Multi-Plate Clutch Featuring MR Fluid

Jin-Young Park¹, Young-Choon Kim^{2*}, Jong-Seok Oh²,
Jae-Hoon Jeon¹, Jun-Hong Jeong¹

¹Division of Mechanical Engineering, Kongju National University

²Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University

요약 오늘날 자동차 산업의 기술 발전으로 4륜구동 기술이 승용차에도 적용되고 있으며, 이를 위해 트랜스퍼 케이스용 건식 다판클러치가 사용되고 있다. 하지만 건식 클러치의 경우 진동에 대한 문제가 발생하여 승차감에 영향을 주게 된다. 이를 해결하기 위해 4륜 구동장치의 핵심부품인 트랜스퍼케이스에 있는 다판클러치의 체결시 발생하는 충격을 저감시키고자 MR유체가 적용된 다판클러치를 제안한다. MR 다판클러치는 유체커플링 모드와 압착모드를 가지게 되며, 최적 설계를 위해 토크모델을 유도하였다. 다판클러치의 설계변수를 최적화를 위해 Ansys Maxwell을 이용하여 해석을 수행하였고, 전자기장 해석은 디스크와 플레이트의 수를 변경하였을 때 자기장의 세기를 확인하였으며, 자기장의 세기는 최대 0.45 Tesla가 도출되었다. 이를 토크방정식에 적용하여 플레이트 사이 간격을 2mm로 플레이트의 내경과 외경을 각각 45mm와 55mm로 선정하였다. 이와 같이 본 논문에서는 MR 다판클러치의 성능을 극대화할 수 있는 최적 설계기법을 제안하였다.

Abstract 4WD technology is being actively applied to passenger cars. Therefore, dry multi-plate clutches are used for transfer cases. On the other hand, dry clutches have problems related to large vibrations and poor ride quality. To solve this problem, this paper proposes a multi-plate clutch with an MR fluid. When fastening the multi-plate clutch in the transfer case, the proposed MR clutch was applied to reduce the shock and friction, which is a key component in a four-wheel-drive system. MR multi-plate clutch has a fluid coupling mode and a compression mode. A torque model equation was derived for the optimal design. The analysis was performed using Ansys Maxwell to optimize the design parameters of the multi-plate clutch. Electromagnetic field analysis confirmed the strength of the magnetic field when the number of disks and plates were changed, and the maximum strength of the magnetic field was 0.45 Tesla. By applying this to the torque equation, the spacing between the plates was 2 mm, and the inner and outer diameters of the plates were selected to be 45 mm and 55 mm, respectively. Overall, this paper proposes an optimal design technique to maximize the performance of an MR multi-plate clutch.

Keywords : Magnetorheological Fluid, Multi-Plate Clutch, Optimal Design, Torque Model, Maxwell

본 논문은 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No:2019025887).

*Corresponding Author : Youngl-Choon Kim(Kongju National Univ.)

email: yckim59@kongju.ac.kr

Received April 9, 2020

Revised May 7, 2020

Accepted May 8, 2020

Published May 31, 2020

1. 서론

오늘날 자동차 산업의 기술발전으로 자동차의 출력 및 효율은 높아지고 있다. 하지만 소비자들은 자동차의 성능뿐만 아니라 디자인, 편의성, 안정성 및 정숙성과 같은 사람의 감성에 대한 부분을 중요시 하고 있다. 이와 같이 감성 품질을 향상시키기 위해서 차량의 소음과 진동 대한 중요성이 대두 되고 있다[1-8].

현재 자동차에서 소음과 진동을 감소시키기 위해서 자동차의 현가장치인 서스펜션, 브레이크와 심지어 변속용 클러치에도 Magnetorheological Fluid (MRF, MR유체)를 적용하는 연구가 활발히 진행 중이다[3-5]. 이와 같이 많은 연구를 진행 하고 있음에도 동력용 클러치에 대한 연구는 부족한 실정이다.

현재 MR유체를 적용한 클러치의 연구개발이 진행되어지고 있지만 단판에 대한 연구가 진행 되었으며, 다판 클러치에 대한 연구는 MR 브레이크와 같은 방향으로 연구가 진행되었다[9-13]. 이러한 클러치는 큰 토크를 발생시키는데 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하기 위해 유체커플링모드(이하 유체모드)와 압축체결모드가 가능한 MR 다판 클러치에 대한 설계를 하고자 한다.

다판 클러치의 진동 및 소음을 저감시키고자 MR유체를 적용한 습식 다판 클러치의 압착모드와 유체모드의 토크 성능 중 압착모드의 토크 전달 용량을 수학적으로 모델링하고, 다판 클러치의 크기를 최적화 하였으며, 다 판 클러치를 3D모델링을 하여 MR전자기장 해석을 진행 하였다. 해석 프로그램은 Ansys Maxwell을 사용하였으며, 전자기장 해석은 전류의 변화에 따라 MR유체에 작용하는 자기장의 세기를 확인하여 MR유체가 적용된 습식 클러치의 설계 변수를 최적화 하였다.

2. 토크 모델링 수식

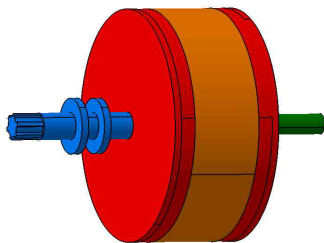


Fig. 1. MR multi-plate clutch

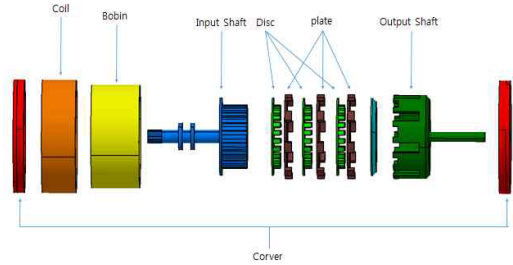


Fig. 2. MR multi-plate clutch configuration

습식 트랜스퍼 케이스를 설계하기 위해 MR유체가 적용된 습식 클러치를 모델링 하였다. 연구에 사용된 습식 클러치는 건식 클러치와 습식 클러치의 장점만을 적용하여 연속적이고 부드러운 체결을 위해 Fig.1과 같은 형상을 갖도록 하였다. 제안된 습식 클러치는 MR 유체를 이용하게 되며, 습식 클러치의 내부 구성품은 Fig.2와 같다. 기구 물을 제외한 내부 모든 공간에는 MR 유체가 가득 채워져 있다. 흡수단의 디스크와 짝수단의 플레이트의 조합으로 설치되어 있으며, 디스크 및 플레이트는 각각의 허브에 일정한 간격이 유지되도록 설치되어 있다. 디스크에는 얇은 마찰재가 접착되어 있으며, 이러한 마찰재 표면에는 일정한 패턴의 홈(groove)이 존재한다.

클러치 외부에는 MR 유체와 클러치를 보호하기 위한 하우징이 있으며, 하우징에는 내부 MR 유체에 자기장을 인가해주기 위한 Coil이 감겨져 있다.

디스크와 플레이트는 출력축의 축 방향 작동에 따라 압착되어 체결될 수 있다.

작동모드는 압착모드, 유체모드로 구분되며, 일반적인 클러치와 다른 점은 유체모드를 갖는 것이다. 유체모드는 다시 제어모드 및 점성모드로 나누어진다. MR유체에 자기장을 생성시키면 MR유체는 전단응력을 갖는 Bingham 거동을 하게 되며, 자기장을 제거시키면 일정 점도를 갖는 유체로 되는 성질을 갖는다. 압착모드는 건식 클러치와 같이 마찰면이 서로 맞닿아 동력을 전달하는 모드이며, 유체모드에서 제어모드는 자기장의 세기에 따라 변화하는 MR유체의 전단응력에 의해 동력을 전달하는 모드이고, 점성모드는 MR유체의 점성에 의해 동력을 전달하는 모드로 비접촉 동력전달방식이기에 소음 및 진동의 발생이 현저히 줄어들 수 있고 연속적인 동력전달이 가능하다.

MR 다판 클러치의 설계를 위해 습식클러치의 압착모드 토크 모델링을 진행하였다.

2.1 다판 클러치 압착모드 토크 모델링

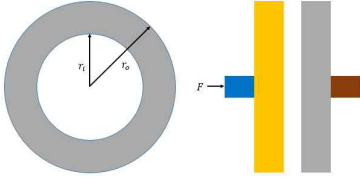


Fig. 3. Dry Single Clutch Model

기본적인 클러치의 구조는 구동축과 피동축이 있고 사이에 마찰을 일으키는 마찰재료가 원형으로 삽입되어 있다고 가정하였다.

클러치를 전달 토크는 토크 모델링 식에 의해 구할 수 있으며, Fig.3에서 클러치 단면에 작용하는 축 방향 고정력은 식 (1)과 같다[2].

$$F = \int dF = \int_{r_i}^{r_o} 2\pi p r dr = \pi p (r_o^2 - r_i^2) \quad (1)$$

여기서 p 는 입력 축 마찰면과 출력 축 마찰면 사이의 접촉압력, r_o 는 디스크 외경, r_i 는 디스크 내경이다. r_o 는 클러치 시험장치의 크기를 고려하여 55mm로 선정하였다.

클러치에서 접촉압력에 의한 마찰 토크용량 T 는 식(2)와 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} T &= \int_{r_i}^{r_o} T dr = \int_{r_i}^{r_o} r \mu dF dr \\ &= \int_{r_i}^{r_o} 2\pi p \mu r^2 dr = \frac{2\pi p \mu}{3} (r_o^3 - r_i^3) \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 μ 는 마찰계수이며, 마찰계수 값은 마찰 패드의 정지마찰계수인 0.18로 선정하였다.

식(2)는 1개의 마찰면을 갖는 클러치의 토크 용량을 나타낸다. Fig.2와 같은 다판 클러치는 디스크가 병렬로 되어있어 N 개의 마찰면을 갖는다. 따라서 N 개의 마찰면이 토크를 전달하며, N 개의 마찰면을 갖는 클러치 토크 식은 다음과 같다.

$$T = \frac{2\pi p \mu}{3} (r_o^3 - r_i^3) N \quad (3)$$

건식 클러치의 압착모드 토크 용량은 식(1)을 식(3)에 적용하여 풀면 다음과 같다.

$$T = \frac{2F\mu(r_o^3 - r_i^3)}{3(r_o^2 - r_i^2)} N \quad (4)$$

2.2 다판 클러치 유체모드 토크 모델링

유체모드 토크는 클러치의 입력 축 마찰면과 출력축 마찰면 사이에 있는 MR유체에 의해 전달되는 토크로 클러치가 부착되지 않은 상태에서 전달되는 토크이다.

2.2.1 MR유체 자기장 생성모드

일반적으로 MR 유체의 항복응력 τ_y 는 자기장 H 에 지수적인 비례 관계를 갖고 있으며, 항복응력을 나타내는 수식은 다음과 같다[3].

$$\tau_y = \alpha H^\beta, \quad \tau = \tau_y(H) + \eta \dot{\gamma} \quad (5)$$

여기서, τ 는 MR 유체의 전단응력, η 는 MR 유체의 기본 점성계수, $\dot{\gamma}$ 는 전단비 이다.

다판 클러치의 유체모드 토크 T_{mr} 은 τ 와 반지름, 마찰면의 수에 의해 정해진다.

$$T_{mr} = \int_{r_i}^{r_o} \tau_y 2\pi r^2 N dr = \frac{2\pi \tau_y}{3} (r_o^3 - r_i^3) N \quad (6)$$

2.2.2 MR유체 자기장 제거모드

자기장이 제거되면 MR 유체는 자기장의 영향이 없어 고체화되지 않고 유체상태로 된다. 하지만 유체상태에도 유체에 의한 토크전달이 있기에 점도에 의한 토크 T_F 가 발생한다.

$$T_F = \int_{r_i}^{r_o} \frac{2\pi \mu \omega}{h} r^3 N dr = \frac{\pi \mu \omega}{2h} (r_o^4 - r_i^4) N \quad (7)$$

여기서 μ 는 유체의 점도, ω 는 입력축의 회전 각속도이다. 유체의 점도는 MRF-132DG의 점도로 0.112 pa-s 이고, ω 는 클러치 시험모터의 최대 회전수인 1800rpm 으로 설정한다.

3. 최적설계

3.1 자기장 해석

디스크와 플레이트의 최적의 간격을 선정하기 위해서 식 7을 이용하여 설계 변수인 디스크와 플레이트 사이의

간격 h 와 내경 r_i 를 변화시켜 Fig.4와 같이 점도에 의한 토크 전달 용량의 결과를 얻었다.

$$15 \leq r_i \leq 45$$

$$1 \leq h \leq 3$$

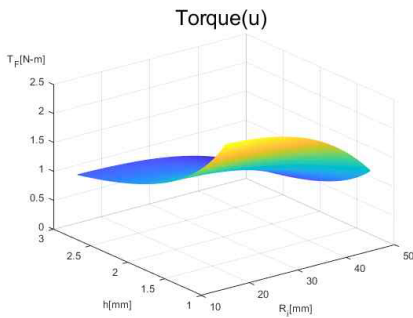


Fig. 4. Magnetic field cancellation mode

Fig. 4의 X 축은 디스크 및 플레이트의 내경을 Y 축은 디스크와 플레이트의 간격을 뜻한다. Fig. 4에서 보듯이 MR점도에 의해서 전달되는 토크는 디스크와 플레이트간격이 2mm까지는 증가량이 거의 보이지 않지만 간격이 1.5mm 부근에서는 증가량이 급증하는 경향을 보인다. 따라서 디스크와 플레이트 사이는 최소 2mm이상 간격을 두어야 자기장 제거모드에서의 동력전달을 최소화 할 수 있다는 결과를 얻었다.

설계 과정의 편의성을 위해 디스크 및 플레이트의 외경, 코일의 부피 및 턴 수, 회전속도, 전류의 세기는 고정하여 MR 유체가 적용된 습식 클러치의 전자기장해석을 진행하였다. 해석을 진행하기 위해 클러치를 모델링하였으며, 클러치 내부의 빈 공간은 모두 MR 유체의 유동장으로 하였다. 외부 코일은 1000턴으로 코일의 저항은 60Ω 으로 설정하고 전압은 48V로 설정하였다. 또한 Mesh는 MR 유체를 기준으로 약 2만개로 설정하였다. Fig. 5는 자기장 해석결과를 보여주며, 접촉면적에 따라 자속밀도가 변화한다. 내경이 45mm 일 때 평균 자속밀도는 약 0.48 Tesla, 40mm 일 때 약 0.43 Tesla, 35mm 일 때 약 0.29 Tesla, 30mm 일 때 약 0.3 Tesla의 결과를 얻었다. 이를 통해 내경반지름이 작아질수록 즉, 마찰면적이 커짐에 따라 자속밀도가 작아지는 경향을 확인하였다.

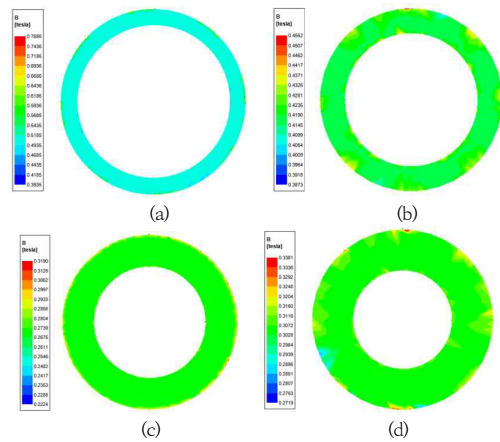


Fig. 5. Electromagnetic Field Analysis Results of Single Plate MR Clutch with Variation of a r_i
 (a) $r_i = 45\text{mm}$ (b) $r_i = 40\text{mm}$
 (c) $r_i = 35\text{mm}$ (d) $r_i = 30\text{mm}$

3.2 토크 모델링 식을 이용한 최적 설계

3.2.1 단판의 경우

압착모드와 자기장 제어모드에서 전달 토크를 알기위해서 판의 개수, 마찰계수, 축 방향 고정력은 일정하다고 가정하였다. 식 5와 식 6을 이용하여 설계변수인 내경 r_i 에 대한 파라미터를 아래 범위와 같이 변화시켜 Fig. 6과 같은 결과를 얻었다.

$$F = 1000N$$

$$25 \leq r_i \leq 45$$

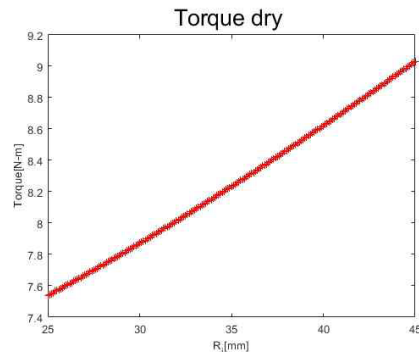


Fig. 6. Dry Single Clutch Torque Transmission Graph

MR유체 자기장 생성모드에서 디스크 및 플레이트의 내경 반지름의 크기가 증가할수록 자기장의 세기 즉, 테슬라 값이 증가하기 때문에 결과 값을 Curve Fitting하

여 해석결과와 내경에 따른 전달토크용량을 확인하였다. MR유체 자기장 생성모드에서 전달토크용량의 그래프는 Fig.7과 같으며 Fig. 7에서 X 축은 디스크 및 플레이트의 내경, Y 축은 토크 용량을 뜻한다.

압착모드의 경우 내경이 최대일 때 마찰면 당 전달토크 용량은 약 $9 \text{ N}\cdot\text{m}$ 이며, 내경은 최소일 때 마찰면당 전달 토크 용량은 약 $7.5 \text{ N}\cdot\text{m}$ 이다.

자기장 제어모드의 경우 내경이 최대일 때 전달 토크 용량은 약 $2.6 \text{ N}\cdot\text{m}$ 이며, 내경이 최소 일 때 전달 토크 용량은 약 $3.9 \text{ N}\cdot\text{m}$ 이다. 또한 이 모드에서는 내경 40mm 에서 전달 토크 용량이 약 $4.2 \text{ N}\cdot\text{m}$ 로 가장 큰 값을 나타내는 것을 확인하였다.

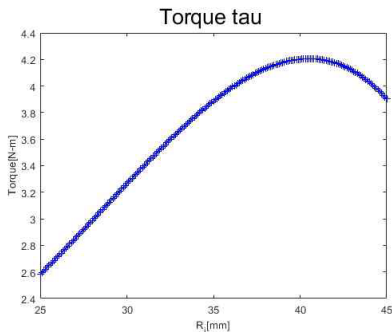


Fig. 7. Magnetic field control mode torque transfer graph applying single plate magnetic field analysis results

압착모드에서는 내경 r_i 가 증가할수록 전달 토크 용량이 증가하는 것을 보이며, 자기장 제어모드 또한 내경 r_i 가 증가할수록 전달 토크용량이 증가하는 경향을 보이지만 일정 영역 이후에는 감소하는 경향을 보인다. Fig.8에서 보이듯이 압착모드에 비하여 자기장 제어모드는 토크 전달에 끼치는 영향이 비교적 작은 것으로 보여진다.

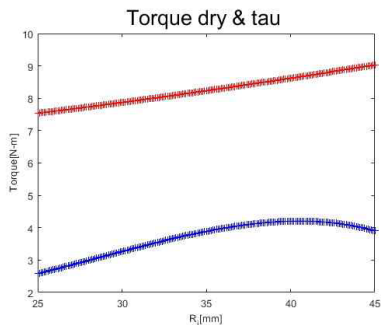


Fig. 8. Dry clutch torque transmission and magnetic field control mode torque transmission Graph

3.2.2 다판의 경우

클러치판의 개수를 변화시킬 때 T_{dry} 는 접촉면의 수에 따라 비례적으로 증가하지만 T_{τ} 는 판의 개수를 변화시키면 내경 r_i 의 변화에 따른 해석과 같이 자기장 해석결과가 달라지기 때문에 입출력 판의 개수를 1쌍부터 3쌍까지 바꾸고 내경은 단판 해석 모델에서 최대 자속밀도가 발생하는 45mm 로 고정하여 자기장해석을 수행하였으며, 해석결과를 Fig. 9에 도시하였다. 판의 개수를 변화한 경우 1쌍일 때 평균자속밀도는 약 0.48 Tesla 2쌍 일 때 약 0.35 Tesla , 3쌍 일 때 약 0.27 Tesla 의 결과를 얻었다. 평균자속밀도를 수식 5와 6에 대입하여 토크를 계산하고 Fig. 10에 도시하였다. 이상의 결과로 내경 r_i 의 변화에 대한 해석 결과와 비슷하게 디스크 및 플레이트의 수가 증가할수록 평균 자속밀도는 감소하는 것을 알 수 있다. 또한 전달 토크 용량은 판의 수와 마찰면의 수가 증가 할수록 커지는 것을 확인하였다.

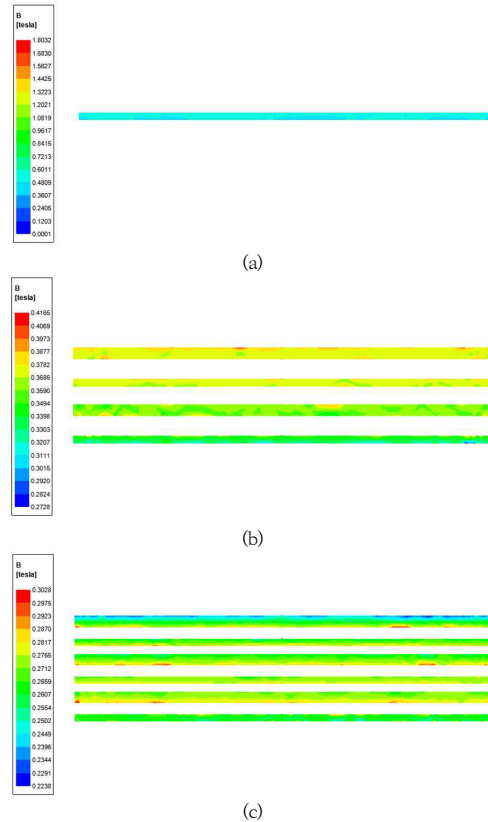


Fig. 9. Multiplate MR Clutch Field Analysis Results
(a) 1 disc 1 plate (b) 2 disc 2 plate (c) 3 disc 3 plate

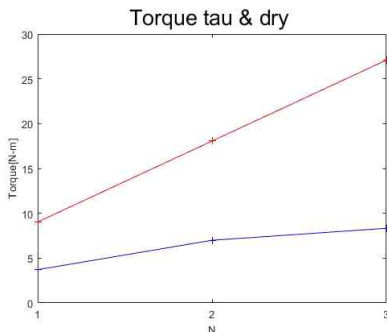


Fig. 10. Magnetic Field Control Mode Torque Transfer Graph Using Multi-plate Magnetic Field Analysis

마지막으로 두 가지 결과에서 자기장 생성 모드와 압착모드 모두 전달 토크 용량은 디스크 및 플레이트의 내경 r_i 가 커질수록 커지는 경향을 보인다. 따라서 내경 r_i 가 최대한 크게 설계 되어야 하기에 r_i 는 45mm로 선정하였다.

디스크와 플레이트의 개수는 많을수록 좋지만 2쌍에서 3쌍으로 판의 개수를 증가 하였을 때 증가폭이 1쌍에서 2쌍으로 판의 개수를 증가하였을 때에 비하여 작은 것으로 보아 4쌍 이상으로 하여도 자기장 생성 모드에 의한 전달 토크 용량은 크지 않을 것으로 판단된다. 또한 클러치의 진동 및 소음을 감소시키기 위해서는 압착모드와 자기장 제어모드의 전달 토크 용량의 차이가 크지 않아야 하기에 판의 수는 3쌍으로 선정 하였다.

4. 결론

본 논문에서는 압착, 유체 및 자기장 모드, 유체 모드를 갖는 MR 다판 클러치를 제안하였으며, 제안 클러치는 소음 및 진동에 있어 탁월한 성능을 가질 것으로 판단된다. 이러한 다판 클러치의 토크성능을 극대화하기 위하여 Maxwell을 이용하여 최적설계를 수행하였으며 설계 변수를 결정할 수 있었다. 향후 연구계획으로는 도출된 설계변수를 바탕으로 실제 MR 다판 클러치를 제작할 예정이며, 소음 및 진동특성을 비교 평가할 예정이다.

References

[1] T. Kikuchi, K. Ikeda, K. Otsuki, T. Kakehashi, J.

Furusho, "Compact MR Fluid Clutch Device for Human-Friendly Actuator", Journal of Physics: Conference Series, Vol.149, No.1 012059, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/149/1/012059>

[2] J. H. Han, "A Study on the Control of RPM by Variation of Frictional Torque of Multi-Plate Clutch", Master's degree, Kongju National University, Cheonan, 2017.

[3] D. Wang, Z. Tian, Q. Mang, Y. Hou, "Development of a novel two-layer multiplate magnetorheological clutch for high-power applications", Smart Materials and Structures, Vol.22, No.8 805018, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1088/0964-1726/22/8/085018>

[4] D. Torocsik, "Some Design Issues of Multi-Plate Magnetorheological Clutches", Hungarian Journal of Industrial Chemistry Veszprem, Vol.39, No.1, pp 41-44, 2011.

[5] B. M. Kavlicoglu, F. Gordaninejad, X. Wang, "Study of a magnetorheological grease clutch", Smart Materials and Structures, Vol.22, No.12 125030, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1088/0964-1726/22/12/125030>

[6] H. S. Kim, T. E. Mun, S. M. Paik, J. P. Jeong, "Design and Implementation of Safety system to prevent human accidents caused by low-speed vehicles", Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol.19 No.3, pp.55-63, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2019.19.4.55>

[7] S. Y. Kim, J. M. Jung, T. S. Kim, H. Min, "A Resource Allocation Strategy for Cloud Computing in Vehicular Datacenter", Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol.18 No.4, pp.183-189, 2018. DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.4.183>

[8] H. S. Park, Y. S. Hong, "Implementation of Intelligence Electronic Acupuncture System based on WEB", Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol.18 No.3, pp.93-100, 2018. DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.3.93>

[9] M. Benetti, E. Dragoni, "Nonlinear Magnetic Analysis of Multi-plate Magnetorheological Brakes and Clutches", Excerpt from the Proceedings of the COMSOL Users Conference 2006 Milano

[10] V. K. Sukhwani and H. Hirani, "Design, Development, and performance evaluation of high-speed magnetorheological brakes", Journal of materials Design and Applications, Vol. 222, Part L. pp.73-82, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1243/14644207JMDA120>

[11] C. J. Kim, "Design and Control of MR Fluid Based Haptic Device for Vehicle Applications", Master's degree, Inha university, Incheon, 2008.

[12] J. H. Song, D. H. Choi, C. K. Chun, Y. C. Kwon, T. H. Lee, "Design of Magneto-Rheological Clutch Coil Operation Unit using Electro Magnetic Field Analysis", Transactions of KSAE, Vol.17, No.3 pp.22-28, 2009.

[13] J. C. Cho, Woojung Kim, Jaeduk Jang, Siyoul Jang, "Characteristic Dynamics Torque Vibration of Behavior in Wet Clutch Engagement for Dual Clutch Transmissions", Transactions of KSAE, Vol.24, No.2 pp.183-190, 2016.
DOI:<https://doi.org/10.7467/KSAE.2016.24.2.183>

박 진 영(Jin-Young Park) [정회원]



- 2017년 2월 : 공주대학교 공과대학 자동차공학전공 (자동차공학사)
- 2019년 2월 : 공주대학교 기계공학과 (기계공학석사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계공학과 박사과정

<관심분야>
자동차제어계측, 모터제어

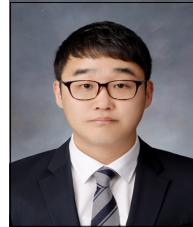
김 영 춘(Young-Choon Kim) [종신회원]



- 1987년 2월 : 한밭대학교 전기공학과 (전기공학사)
- 1989년 8월 : 명지대학교 전기공학과 (전기공학석사)
- 1997년 2월 : 명지대학교 전기공학과 (전기공학박사)
- 1995년 10월 ~ 현재 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수

<관심분야>
친환경 자동차, 인버터 및 컨버터, 제어계측

오 종 석(Jong-Seok Oh) [정회원]

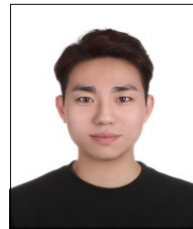


- 2009년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (기계공학사)
- 2011년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (기계공학석사)
- 2015년 8월 : 인하대학교 기계공학과 (기계공학박사)

- 2017년 2월 : 현대모비스 미래기술연구팀 (책임연구원)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계자동차공학부 조교수

<관심분야>
기계 및 자동차 계측 제어 시스템 설계

전 재 훈(Jae-Hoon Jeon) [준회원]



- 2019년 2월 : 공주대학교 공과대학 자동차공학전공 (자동차공학사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계공학과 석사과정

<관심분야>
자동차제어계측, 모터제어

정 준 흥(Jun-Hong Jeong) [준회원]



- 2020년 2월 : 공주대학교 공과대학 자동차공학전공 (자동차공학사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계공학과 석사과정

<관심분야>
자동차제어계측, 모터제어