

대시포트형 MR유체 마운트의 자극 설계 인자에 관한 연구

박우철*, 이현창*, 최신행**, 공준식***, 김일겸****

* 강원대학교 기계자동차공학부,

** 강원대학교 전기제어공학부

*** 강원대학교 산업대학원

**** 강남필터(주)

e-mail:wchpark@kangwon.ac.kr

Study on design parameters of the magnetic pole used in the dashpot type MR fluid mount

Woo-Cheul Park*, Hyun-Chang Lee*, Sin-Hyeong Choi**,
, Jun-Sik Kong***, Il-Gyoum Kim****

* Division of Mechanical & Vehicle Eng., Knagwon National University

** Division of Electrical & Control Eng., Knagwon National University

*** Graduate School of Industry, Kangwon National University

**** KangNam filter Ltd.

요 약

본 연구에서는 MR 유체를 특징으로 하는 대시포트형 마운트를 제안하고, 자극 형상의 변화가 MR 유체 마운트의 감쇠력에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다. 제안된 MR유체 마운트의 코어부에 발생하는 자기 특성에 대하여 살펴보기 위하여 자극(Magnetic pole)의 유효길리와 코어 중심부의 구조를 달리하여 대시포트를 제작하였다. 등가자기회로를 이용한 대략적인 계산방법에 의한 결과 자극의 유효 길리가 증가할수록 자기저항은 감소하는 경향을 나타내지만, 그 밖의 설계인자들의 영향은 작게 나타났다. 상용해석프로그램을 이용하여 등가자기회로 결과와 비교를 하였으며, 대시포트 마운트를 제작하여 자극의 유효길리 변화에 대한 감쇠력의 변화를 실험적으로 비교하였다.

1. 서론

최근에는 유체의 물리적, 화학적 특성이 변화하는 이른바 기능성 유체(Smart Fluid) 혹은 제어성 유체가 연구 되었으며, 이러한 기능성 유체 중 하나인 MR유체는 자기장에 의해 겔보기 점도가 변화하는 특성을 가진 유체이다. 기능성 유체의 특성을 적용하여 구성된 응용장치는 단지 제어성 유체에 가해지는 포텐셜에 의하여 제어가 가능하므로, 제어에 필요한 서보 밸브나 모터 등과 같은 부가적인 복잡하고, 고가의 이동장치가 필요 없다. 따라서 제어성 유체를 이용한 응용 장치는 연속적인 제어가 가능하고 설계가 간단하며, 유지가 용이하다. 또한 제작비용이 줄어들고, 반응속도가 빨라지는 장점이 있다. 이러한

장점들 때문에 자동차산업, 항공기 산업, 의료산업, 제조업, 방위산업, 기계산업 분야의 대형 건축물, 댐 퍼, 엔진마운트, 제진대 등 여러 분야에서 많은 연구가 수행되고 있다[1]. 그러나 이러한 MR유체를 이용한 장치의 연구는 제어기 설계 및 성능에 대한 연구가 주류를 이루고 있으며[2,3,4], MR유체의 성능에 가장 많은 영향을 미치는 자계의 발생에 대한 연구는 주로 모터를 개발하는 과정에서 얻은 이론을 사용하며, 전문적으로 MR유체를 이용한 장치에 맞는 설계인자에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 대시포트형 MR유체 마운트의 기본적인 설계인자인 자극의 유효길리 변화가 솔레노이드부의 자계 발생에 대하여 미치는 영향에 대하여 관찰하였다.

2. 대시포트형 MR유체마운트의 구조

Fig.1에 나타난 바와 같이 솔레노이드 형태로 만들어진 부분을 코어라고 하며, 이곳에 전류를 공급하여 자기장을 형성한다. MR유체가 접하는 부위에 일정한 간극을 두고 접극자(armature)를 설치하여 자속이 균일하게 형성되도록 유도한다.

본 연구에서는 코일을 감는 부위와 접극자는 강자성체인 S20C를 사용하였으며, 자극의 유효길이 변화에 따른 솔레노이드에서의 자계 발생의 영향을 살펴보기 위하여 유효길이를 3가지로 달리하였으며, 코어 중심부의 영향을 살펴보기 위하여 코어를 강자성체로만 되어 있는 경우와 중심부에 상자성체가 삽입되어 있는 2중 구조의 경우 2가지로 달리하였다.

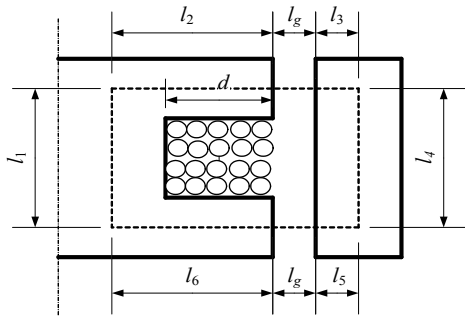


Fig. 2 Schematic diagram for the calculation of magnetic circuit

3. 등가 자기회로에 의한 자기구조의 계산

전자기 장치의 동작을 등가 자기회로(equivalent magnetic circuit)를 사용하여 해석하는 것이 가능하다. 코일의 기자력 \mathcal{F} 를 자기장의 세기 H 와 구조의 한 변에 대한 자기경로의 길이 l 의 곱으로 나타낼 수 있다.

기자력 \mathcal{F} 는 직렬 전기회로에서의 전압원과 유사하다. 여기서 자속 ϕ 는 직렬회로에서의 전류에 해당하며 $l/\mu A$ 는 자기회로의 한변의 자기저항에 해당한다. $l/\mu A$ 은 자기저항(magnetic resistance, 또는 reluctance) R 로 정의된다. 전류 i 가 흐르는 권선수 N 인 코일이 코어 주위에 감겨 있을 때 코일에 의해 생성되는 기자력 \mathcal{F} 는 자속 ϕ 를 발생시키는데 이 자속의 대부분은 코어 내에 집중되어 있고, 코어의 단면에 균일하다고 가정한다. 자기저항은 일반적으로 다음과 같이 된다.

$$R = \frac{l}{\mu A} \quad (1)$$

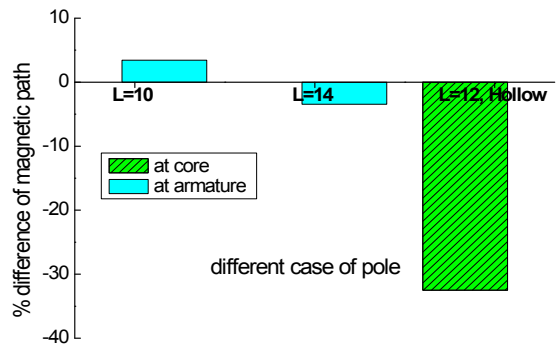
코어부의 형상에 따른 자기변화를 관찰하기 위하여 코어에 감은 권선수는 100회로 동일하게 하였으며, 권선에 공급하는 전류는 2A로 일정하다고 가정하였다. 따라서 제안된 마운트에서 발생하는 기자력 \mathcal{F} 는 200 A-turns이 된다. 자기가 통과하는 자기회로의 구조와 경로길이는 Fig 1과 같다.

비투자율이 다르다고 한다면 코어 부분과 공극 그리고 접극자(armature)의 세부분으로 나뉘어져야 하며, 각 부분별로 자기저항을 구한 후 모두 더하면 총 등가자기저항을 구할 수 있다.

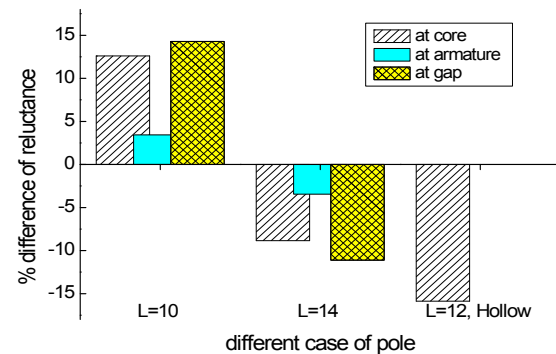
4. 결과 및 고찰

4.1 전극길이 변화에 따른 자기회로의 변화

유로의 길이가 제한된 조건하에서 자극길이의 변화가 전체 마운트의 감쇠력에 미치는 영향에 대하여 살펴보기 위하여 본 연구에서는 유로의 길이 (L)는 22mm, 코어의 반경 (r)은 35mm로 일정하게 유지하면서 자극의 길이 (L_p)를 3가지로 다르게 하였으며, 또한 자기장의 손실에 대한 영향을 살펴보기 위하여 코어의 중심부를 상자성체로 한 경우와 일체형으로 한 경우 2가지로 다르게 하여 비교하였다. 동일한 기자력을 발생시키기 위하여 코일의 권선수를 100으로 일정하게 하였는데, 동일한 직경의 코일을 사용하였기 때문에 일정한 권선수를 확보하기 위하여 코일이 차지하는 부위의 단면적을 변화시켰다.



(a) percent difference in magnetic path



(b) percent difference in magnetic resistance

Fig.4 The effect comparison in magnetic circuit according to the difference of core shape

Fig. 4는 코어의 형상이 변함에 따른 자기회로의 변화를 나타낸 것이다. 자극의 길이가 12mm인 것을 기준으로 다른 형상의 코어의 자기와 연관된 물성치를 비교하였다. Fig. 4(a)에 나타난 바와 같이 자극

의 유효길이만을 변경한 경우의 코어부를 통과하는 자기의 경로는 거의 일정한 비율로 증감하는 경향을 나타내지만, 접극자(armature)를 통과하는 자기경로는 약 32% 감소하는 것으로 나타났다. 이는 상자성체가 차지하는 부분이 자기경로에서 제외되기 때문이다. Fig. 4(b)는 자기장이 형성되는 자기 구조에서 각 부위별로 자기 저항의 변화율을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 자극의 길이가 증감하는 정도에 따라 자기저항도 변하는 것을 알 수 있지만, 자극의 길이가 길어질수록 자기저항은 작은 비율로 감소하는 것을 알 수 있다. 이 그림으로부터 자극을 설계할 때 자극의 길이를 증가시키는 것이 자기장 형성에 도움이 된다는 것을 알 수 있다.

자극 길이의 변화에 따른 자기구조에 대한 자기적 물성의 변화를 Fig.6에 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 자극의 길이가 길어질수록 자기의 흐름에 방해하는 성질인 자기저항은 감소하는 경향을 나타내고, 자기저항의 감소율과 비슷하게 자속의 크기와 접극자 부위의 자속밀도는 증가하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 코어부의 중심에 상자성체를 넣어 코어를 만든 경우에는 자기가 통과하는 면적은 큰 비율로 감소하지만, 총등가자기저항 저항값은 작은 비율로 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이로부터 자기가 통과하는 자극을 설계할 때 가장 중요하게 고려하여야 사항은 자극의 길이이며, 상이한 재질로 이중의 자극을 만들 필요는 없는 것으로 생각된다.

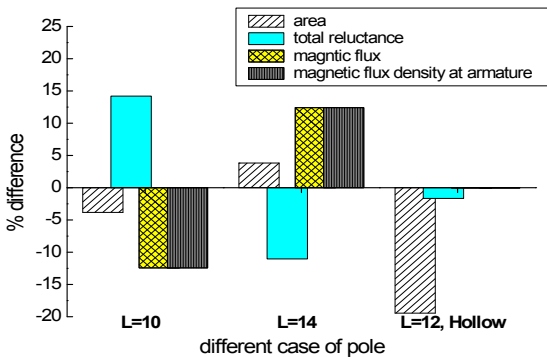


Fig. 5 Percentage comparison of the magnetic parameters according to the difference of the core shape.

Fig. 6은 등가자기회로를 이용하여 구한 인덕턴스와 Ansys workbench의 자기장 해석에 의해 구한 인덕턴스를 비교한 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 Ansys workbench에 의한 결과와 마찬가지로 등가 자기회로에 의해서 구한 인덕턴스의 값들도 자극의 유효길이가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 자극의 구조 변화에 대해서는 변화가 나타나지 않고 있다. 따라서 MR유체를 이용한 장치를 설계할 때, 가장 중요하게 생각하여야 할 부분은 자극의 유효길이라고 할 수 있다. 그러나 크기에서는 약간의 오차가 나타나고 있는데 이는 자기저항을

구할 때 평균경로의 값을 이용하기 때문이다.

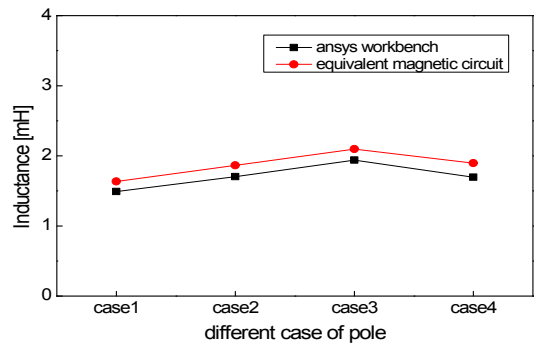


Fig. 6 Comparison of the inductance with respect to different calculation method

5. 결론

본 연구에서는 MR유체를 이용한 장치를 개발하는데 적용되는 기본적인 설계인자인 자극의 유효길이 변화가 솔레노이드부의 자기 발생에 대하여 미치는 영향에 간단한 수치적 계산방법을 이용하여 관찰하였다. 등가 자기회로를 이용하여 계산한 결과 자극의 유효길이 변화가 솔레노이드부의 자기적 특성변화에는 영향을 거의 미치지 않았으며, 코어의 구조가 다른 경우에도 자기장의 변화는 크게 나타나지 않았다. 상용 해석프로그램을 사용하여 해석한 경우에도 동일한 결론은 얻었다. 이러한 결과는 코일의 권선수를 확보하기 위하여 많은 인자를 변경하였기 때문인 것으로 생각되며, 향후 코일부의 면적을 일정한 경우와 접극자의 두께의 영향에 대한 연구와 이를 바탕으로 엔진마운트의 고무부의 동특성과 MR효과와의 상관관계를 고려한 최적화 설계인자에 대한 후속 연구가 필요하다고 판단된다.

참고문헌

- [1] Park, W.C., Choi, S.B., Suh, M.S., 1999, "Material characteristics of an ER fluid and its influence on damping forces of an ER damper Part I: material characteristics," Materials & Design, Vol. 20, pp.317~323
- [2] Wereley, N.M. and Pang, L., 1998, "Nondimensional Analysis of Semi-Active Electrorheological and Magnetorheological Damper Using Approximate Parallel Plate Models", Smart Materials and Structures, 7, 732~743
- [3] 송현정, 최승복, 전영식, "ER엔진마운트를 장착한 승용차량의 진동제어 성능", 대한기계학회, 2000.
- [4] 김옥삼, 박우철, 이현창, "반능동형 MR유체 마운트의 성능제어", 한국동력기계공학회지, 2004.