

# MR유체를 이용한 가변인덕터 설계

김동욱\*, 정상식, 김동훈

경북대학교

## 1. 서론

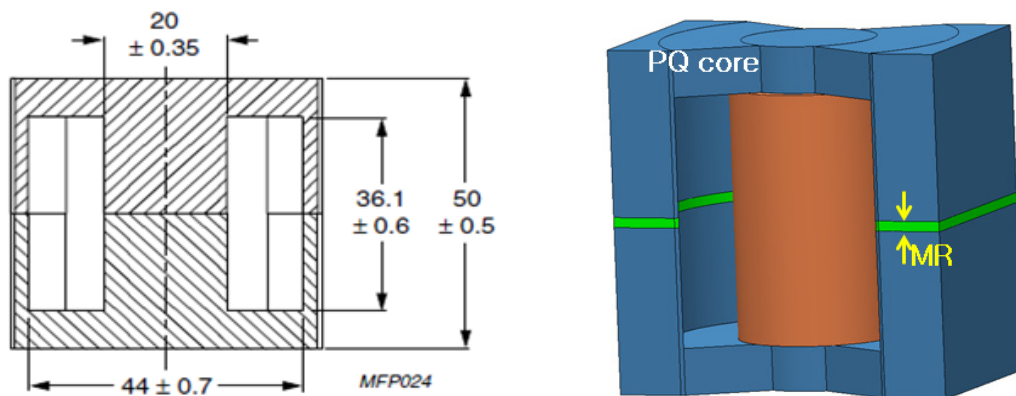
MR(magnetorheological)유체는 마이크로 단위의 자성입자가 실리콘 오일과 같은 분산액에 고르게 분산되어 있는 형태로서 외부 자기장의 세기에 따라 항복응력의 정도가 가변되는 성질을 지닌 유체이다[1]. MR유체는 외부 자기장에 의해 기계적인 특성 제어가 매우 용이할 뿐만 아니라 높은 항복응력, 강도와 속응성이 높아 응용분야가 차츰 넓어지고 있다. MR유체 응용은 대부분이 기계역학 및 공정, 제조에 관심을 두고 진행되어 왔고, 현재까지 국내외에서 MR 유체를 자성재료적 특성을 활용한 측면에서 응용분야는 거의 없다. 따라서 본 논문에서는 MR유체의 자기포화 특성을 이용하여 효율적인 가변인덕터 설계를 제안하였다.

## 2. MR유체를 이용한 전력변환용 가변인덕터

기존의 전력변환용 가변인덕터는 크기와 구조의 복잡성으로 인해 시스템의 효율을 증가시키는데 한계가 있고, 신뢰성 보장이 어렵다. 그리고 DC 바이어스 전류에 따른 인덕턴스 변화율이 큰 파우더 코어의 경우 코어 자체의 코어손실이 일반 페라이트 코어보다 크기 때문에 고효율의 인덕터를 제작이 힘들다. MR유체를 이용한 인덕터의 경우 기존의 인덕터보다 단순한 구조를 갖고, 페라이트 코어와 같은 낮은 손실을 가지는 자성체 코어 사용이 가능하여 코어 손실을 줄일 수 있다. 따라서 MR유체를 이용한 가변인덕터의 경우 고효율 전력 변환기 개발 분야의 활용도가 높을 것으로 판단된다.

## 3. 실험 방법

인덕터는 상용 페라이트 코어를 사용하였으며 공극의 길이는 3 mm 그리고 코일 턴 수는 25 턴으로 구성하였고, 그림 1에 코어 단면 제원과 3차원 유한요소 모델을 나타내었다. MR유체는 MG140CG 유체의 재질특성을 활용하였다[2].



(a) PQ 코어 규격 (b) 인덕터 유한요소 모델

그림 1. PQ코어 규격 및 인덕터 유한요소 모델

먼저 공극이 공기일 경우 인덕터 전류변화에 따른 인덕턴스를 측정하였고, 또한 동일한 조건에서 공극이

MR로 채워져 있을 경우 인덕턴스 변화를 측정하였다. 공극이 공기일 경우 코어 자속밀도가 0.1 T일 때 인덕터 평균전류는 5.5 A이고 인덕턴스는 146.8 uH 이고, MR유체일 경우 187.2 uH로 계산 되었다. 두 가지 모의시험의 인덕턴스 크기를 비교하여 공극이 MR유체인 모델의 인덕턴스 값이 공극이 공기일 경우와 같아지도록 MR 유체 가변인덕터의 크기를 공극이 공기인 경우의 모델 크기에 비해 21% 축소하였다. 축소된 MR 인덕터 모델의 인덕턴스는 146.4 uH로 공극이 공기인 모델의 값과 동일한 값이 계산되는 것을 확인하였다. MR유체를 적용한 축소 인덕터 모델을 이용하여 인덕터 전류변화에 따른 인덕턴스를 측정하였고, 공극이 공기일 경우와 인덕턴스 변화를 비교하였다.

#### 4. 실험 결과

공극이 공기일 경우 그림 1(a)과 동일한 크기의 인덕터이고, 인덕터 전류 변화에 따른 인덕턴스 변화량은 16.55 % 이다. 공극이 MR일 경우, 크기가 21% 축소 인덕터 모델을 사용하였고, 인덕터 전류변화에 따른 인덕턴스 변화량은 36.02%로 인덕턴스 변화가 2배 크게 변하는 것을 확인하였다. 그림 2에 두 가지 인덕터의 인덕터 전류변화에 따른 인덕턴스 변화량을 나타내었다. 여기서 자속밀도 변화는 공극이 공기일 경우 인덕터 전류 변화에 따른 코어 자속밀도를 나타내는 것이고 페라이트 코어의 포화자속 0.4 T 까지 변화량을 측정하였다.

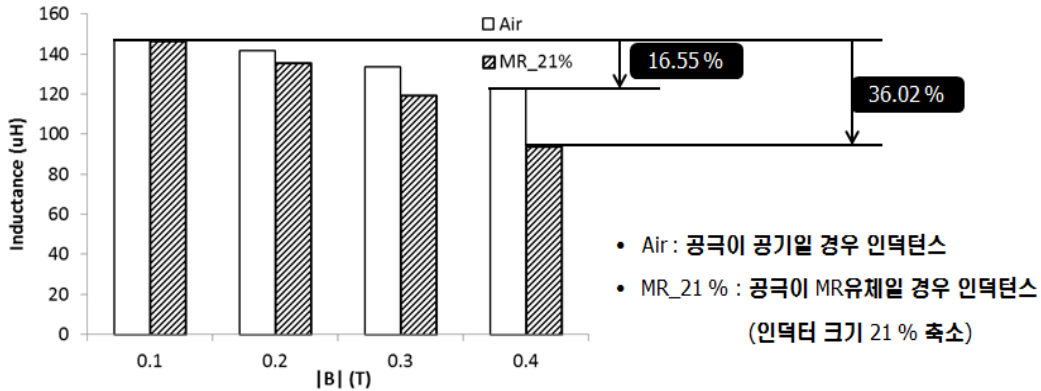


그림 2 인덕턴스 변화 비교

#### 5. 결론

제안된 MR유체를 이용한 가변인덕터의 경우 동일한 조건에서 공극이 공기일 경우 보다 인덕터의 크기는 21% 줄어들었고, 인덕턴스의 변화율은 2배 증가하는 것을 확인하였다. 향후 연구 결과를 토대로 제안된 MR유체를 이용한 가변인덕터를 전력변환회로에 적용한다면 전력변환회로의 고효율화 및 고밀도화를 가져올 것으로 사료된다.

#### 6. 참고문헌

[1] H. Chiriac and G. Stoian, "Influence of the particle size and size distribution on the magnetorheological fluids properties," IEEE Trans. Magn., vol. 45, no. 10, pp. 4049-4051, Oct. 2009.

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