

직경 12mm용 자성유체 펌프의 설계와 제작

한국해양대학교 전기공학과 서 강*
 한국해양대학교 전기공학과 박관수

Design and Fabrication of the Magnetic Fluid Linear Pump with 12mm diameter

Dept. Electrical Engineering, Korea Maritime University K. SEO*
 Dept. Electrical Engineering, Korea Maritime University G. S. PARK

1. 서 론

자성유체는 자성체의 성질을 갖는 액체이다. 자성유체는 외부에서 자기장을 걸어줄 경우 자기장의 모양으로 모이게 된다. 이러한 자성유체의 특성을 이용하여 의료용 기기등에 이용할 목적으로 솔레노이드형 Linear Pump를 설계·제작하였다. 이 Linear Pump는 자기장으로 펌핑 압력, 속도, 방향을 쉽게 제어할 수 있다. 그러나, 이 모델은 공극의 높은 자기저항으로 인해 펌핑 압력이 낮고, 그 부피 또한 커진다.

따라서, 본 연구에서는 Yoke를 이용하여 자기저항을 최소화하고 펌핑압력을 높여 Linear Pump를 소형·경량화 설계하고 제작하였다.

2. Linear Pump의 구조와 동작

Fig. 1은 Linear Pump의 구조를 보여주고 있다. 새로 설계한 Linear Pump는 이전의 솔레노이드형 Linear Pump와 유사하지만 공극으로 인한 높은 자기 저항을 최소화하고 펌핑 압력을 높이기 위하여 Yoke를 사용하였다. Fig. 2는 새로 설계한 Linear Pump를 유한 요소법을 이용하여 3D 해석한 것이다.

Linear Pump의 동작은 Forward, Backward, 차단으로 크게 3가지로 구분할 수 있다. Forward는 3가지 모드로 구분하여 동작하며, 모드1은 Fig. 1에서 1-4-7번 Yoke가 동작하고 모드2는 2-5번, 모드3은 3-6번, 모드1로 다시 1-4-7번 Yoke가 동작하여 1 cycle을 이루어 펌핑한다. Backward는 Forward와 같이 4가지 모드로 구분되며, Forward의 동작과는 반대로 모드1, 모드3, 모드2, 모드1순의 1 cycle로 펌핑하는 것이다. 차단은 흐름을 차단하기 위한 것으로 4-5번 Yoke가 동작 유지하게 된다.

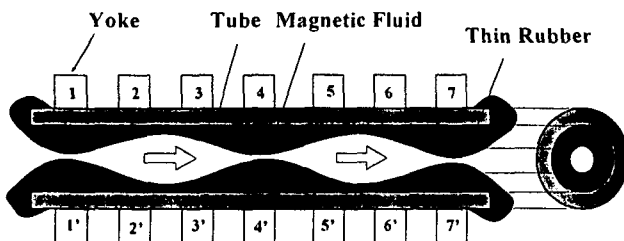


Fig. 1. Structure of Linear Pump

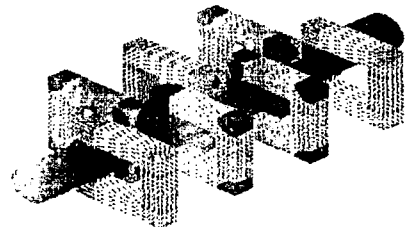


Fig. 2. 3D Analysis of Linear Pump.

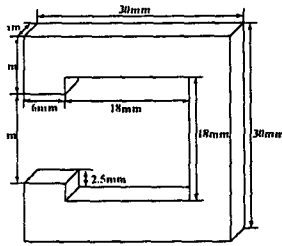


Fig. 3. Yoke Size.

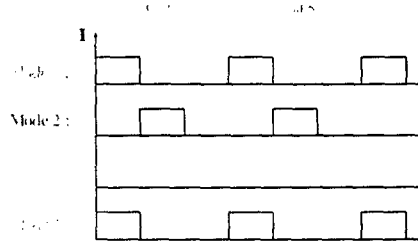


Fig. 4. Operating Current.

Table I. Compare of Analsys and Measurement Data

| | Analsys | Measurement |
|----------------|--------------------|------------------|
| Current | 500 [AT] | 500[AT] |
| Resister | 6.737 [Ω] | 8.2 [Ω] |
| Voltage | 6.7 [V] | 8.5 [V] |
| Magnetic Field | 360 [G] | 340 [G] |

3. Linear Pump의 최적 설계와 제작

Linear Pump를 유한 요소법을 이용하여 3D 해석하였다. Linear Pump는 Yoke의 폭, Yoke의 두께, Yoke의 간격에 따른 최적 설계가 필요하다. 이에 따른 유한 요소법 해석 결과를 각 요소와 관의 직경의 비로 확인하였다. Yoke width/Tube diameter와 Yoke thickness/Tube diameter, Yoke gap/Tube diameter 모두가 0.6에서 최적화된다. 또한, 자성 유체의 양도 최적화하여야 한다.

구소 강판을 적층하여 Yoke를 Fig.3과 같은 크기로 제작하고 여기에 0.3mm Coil을 500Turn을 감았다. 관의 외경은 13mm이고 내경은 12mm이다. Yoke간의 간격은 7.8mm로 하였다. Linear Pump를 제작하는데 있어 Magnetic Fluid의 밀봉, Rubber의 재료가 문제가 된다. Coil의 온도, Yoke간에 생기는 인력, Yoke의 고정 또한 고려할 사항이다.

4. 실험 결과 및 고찰

제작된 Linear Pump가 유한 요소법으로 3D 해석한 data와 측정된 data의 오차가 적고 유사함을 Table 1을 통해 확인할 수 있다. Fig. 4는 Linear Pump를 동작시키기 위한 Operating Current를 나타낸 것이다. 전체 4단계의 모드로 동작한다. Linear Pump를 동작시키는데 있어 크게 두가지의 문제점이 있다.

첫 번째로 Magnetic Fluid의 점성 때문에 각각의 모드에서 일정 시간을 유지해야 하고 이러한 시간이 충분하지 않을 경우는 펌핑 압력이 낮아진다. 반대로 펌핑 압력을 높이기 위해서는 저속으로 펌핑해야 한다. Magnetic Fluid의 점성과 펌핑 속도, 펌핑 압력과의 상관 관계를 고려하여 Linear Pump의 Operating Current의 조절이 필요할 것이다.

두 번째로 Magnetic Fluid가 유동에 의해 한 곳으로 집중되는 현상이다. Linear Pump는 3가지 모드가 한번의 펌핑, 즉 1 cycle을 이룬다. Linear Pump가 펌핑을 계속해서 반복하게 되면 1 cycle이 끝날 때 마다 Magnetic Fluid의 진행 방향의 끝쪽에 집중되어 분포가 균일하지 않게 된다. Linear Pump의 지속적인 펌핑에도 Magnetic Fluid는 균일한 분포를 유지하기 위한 유체의 밀봉 방법에 대한 연구가 필요할 것이다.

5. References

- [1] S. Taketomi and S. Chikazumi, "Magnetic Fluid", Nikka Kogyo Simbunsha, 1987
- [2] C.A.Borghi, A. Cristofolini and M.Fabbri, "Study of the design model of a liquid metal induction pump.", IEEE Trans.Magn. Vol.34, No.5, pp.2956-2959, Sept.1998
- [3] G.S.Park, D.H.Kim, S.Y.Hahn and K.S.Lee, "Numerical algorithm for analyzing the magnetic fluid seals.", IEEE Trans.Magn. Vol.30, pp.3351-3354, Sept.1994