

고발열 전자부품 액체냉각을 위한 압전펌프 개발 Development of a PZT pump for liquid cooling of high heat emission electronic devices

*조원용¹, #함영복¹, 서우석¹, 박중호¹, 윤소남¹, 최병오¹

*W. Y. Cho¹, #Y. B. Ham(hyb665@kimm.re.kr)¹, W. S. Seo¹, J. H. Park¹, S. N. Yun¹, B. O. Choi¹
¹ 한국기계연구원 지능형정밀기계연구본부 정보장비연구센터

Key words : Electronic device, High heat emission, PZT pump, Bimorph PZT, Check valve, Pumping chamber

1. 서론

최근, 반도체 기술의 고집적화 및 소형화로 인하여 이를 탑재한 전자장비의 전력소모가 증가하고 발열량이 높아지는 문제가 발생하여 장비의 수명과 신뢰성 확보를 위한 냉각기술이 주목 받고 있다.¹ 반도체 칩 또는 회로기판 등의 전자부품은 흔히 공기에 의한 자연 또는 강제 대류 열전달을 이용한 공냉방식 또는 작동유체 상변화를 이용한 히트파이프를 장착하여 냉각시키고 있다.² 그러나 전자장비의 발열량 증가로 인하여 공냉방식과 상 변화 방식의 범주를 벗어나 보다 방열성능이 우수한 냉각기술이 요구되고 있으며, 대표적인 것이 액체냉각방식이다. 액체냉각방식은 히트싱크, 라디에이터 및 냉매 순환용 펌프로 구성되어 있으며, 특히 순환펌프는 히트싱크 및 라디에이터, 유로 내의 관로 저항에 대응한 압력 및 유량 특성을 갖추어야 된다. 현재 전자장비 냉각을 위한 액체냉각방식의 냉각 모듈로 기어, 임펠러 펌프 등이 적용되고 있으나, 임펠러 펌프는 토출방식이 비효율적이고, 토출압력이 낮은 단점이 있으며, 기어펌프의 경우 소음이 높고, 구성이 복잡하며, 소형화 하는데 한계가 있다. 이러한 기술적인 한계를 극복하는 방안으로 압전소자를 이용한 소형 순환펌프의 연구들이 이루어지고 있다.^{3,6}

압전소자는 전계를 가하면 기계적인 변위를 발생시키는 소자로서 바이몰프, 유니몰프, 적층형 등이 있으며, 높은 응답성과 저소비전력을 가지며, 주위의 환경변화에 특성이 크게 변하지 않고, 효율변동이 크지 않은 장점이 있다. 이러한 압전소자를 액체냉각용 순환펌프에 적용하기 위하여 우선적으로 압전소자의 변위와 발생력 특성을 고려해야 한다. 또한 순환펌프의 흡입, 토출을 담당하는 체크밸브의 형상과 펌핑 챔버의 크기는 순환펌프의 중요 설계인자이다.

본 연구에서는 고발열 전자부품의 냉각을 위한 강제 액체냉각용 압전펌프의 개발을 목적으로 한다. 이를 위하여 압전펌프의 구동부인 압전소자는 바이몰프 압전소자를 적용하였으며, 3 가지 형상의 체크밸브를 설계하여 압전펌프의 성능을 실험적으로 검토하였다.

2. Bimorph PZT 를 이용한 압전펌프

Fig.1 은 압전펌프의 구동부인 바이몰프 압전소자를 나타낸다. 설계된 바이몰프 압전소자는 원형이며, 크기는 Ø50mm, 두께 0.8mm 이다.

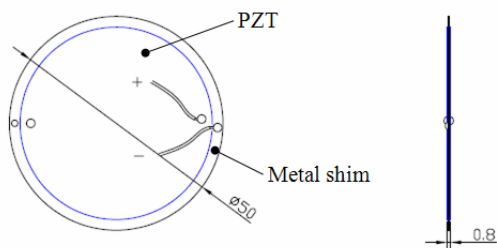


Fig. 1 Design of bimorph PZT

설계된 압전소자는 레이저 도플러를 이용하여 변위특성을 측정하였으며, 정현파 300V_{pp}의 구동전압에서 167µm의 변위를 발생하는 바이몰프 압전소자를 압전펌프에 적용하였다. 또한 압전소자의 변위발생에 따른 펌핑으로 유체의 유입 및 토출을 담당하는 체크밸브는 Fig.2 와 같이 설계되었다. 체크밸브는 1 목형, 3 목형, 4 목형의 형상으로 강성을 달리하여 설계되었으며, 압전펌프의 특성에 미치는 영향을 실험적으로 검토하였다.

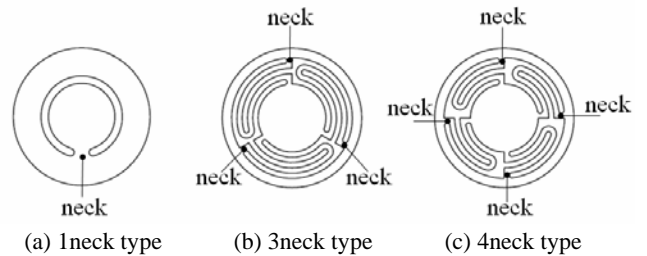


Fig. 2 Design of check valves

펌핑 챔버의 크기는 구동부인 압전소자의 실리콘 몰딩에 따른 두께의 증가 및 변위특성을 고려하여 설계하였다. 압전펌프 내에 액체의 누수를 방지하기 위하여 오링으로 씌워하였다. Fig.3 는 설계된 압전펌프의 구조 및 형상을 나타낸다.

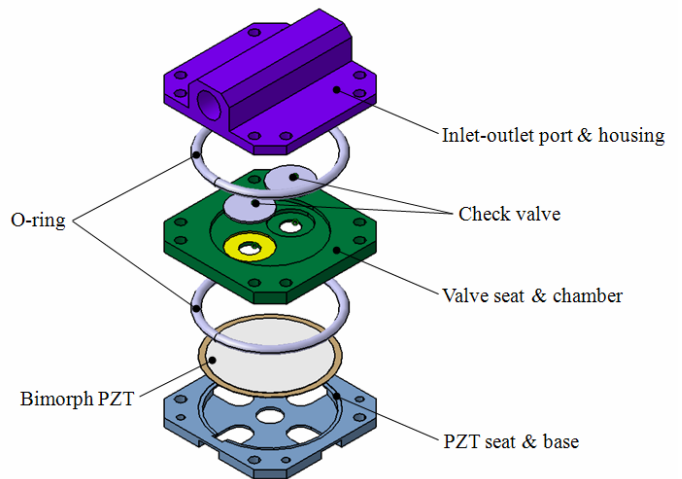
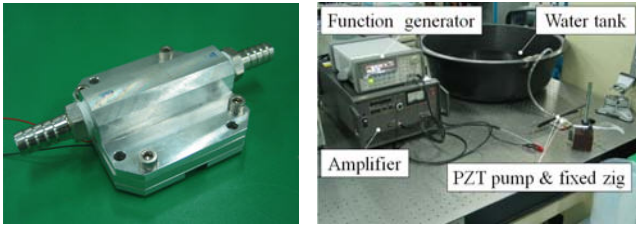


Fig. 3 Schematics of PZT pump

3. 특성 실험

Fig.4 는 제작된 압전펌프와 실험장치를 나타낸다. 압전펌프의 크기는 가로 60mm, 세로 60mm, 높이 27mm 이며, 알루미늄 재질을 적용하였고, 입·토출 포트는 양 방향으로 하여 액체냉각모듈의 장착성이 용이하도록 하였다. 실험장치는 압전소자의 변위를 발생시키기 위하여 파형 및 주파수를 발생시키는 함수발생기와 전압을 증폭시키는 증폭기, 압전펌프를 고정시키기 위한 고정용 지그 및 탱크로 구성하였다.



(a) PZT pump (b) experimental equipments
Fig. 4 Fabricated PZT pump and experimental equipments

압전펌프의 구동전압은 정현파 300V_{p-p} 이고, 구동부인 압전소자의 평균 변위는 167 μ m 이다. 구동 주파수는 각각 10Hz, 15Hz, 20Hz, 30Hz, 50Hz, 80Hz, 100Hz, 150Hz, 200Hz, 300Hz 를 인가하였으며, 체크밸브는 1 목형, 3 목형, 4 목형을 적용시키는 실험조건을 설정하여 압전펌프의 유량 및 압력 특성을 살펴보았다.

Fig.5 는 3 가지 형상의 체크밸브를 각각 장착한 압전펌프의 구동주파수에 따른 유량특성(f-Q)을 나타낸다.

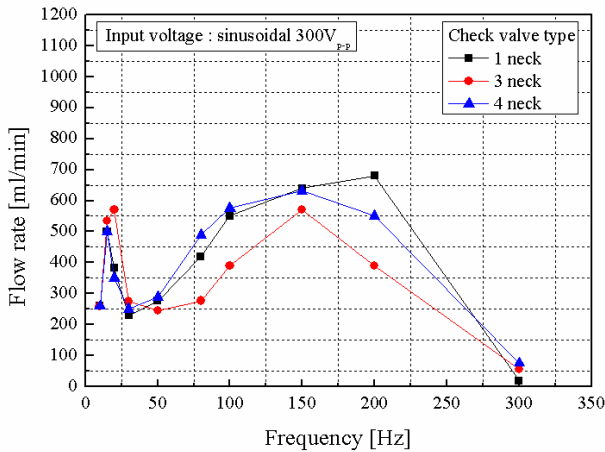


Fig. 5 No-load outlet flow rate characteristics

체크밸브 형상이 1 목형과 4 목형인 경우 구동주파수 15Hz 에서 유량이 500ml/min 이며, 1 목형의 경우 200Hz 대역에서 최대 680ml/min 의 유량을 나타내었다. 4 목형의 경우 150Hz 대역에서 632ml/min 의 유량을 보였다. 1 목형의 경우가 상대적으로 우수한 유량특성을 보인다.

Fig.6 은 구동주파수에 따른 최대압력특성(f-P_{max})을 나타낸다.

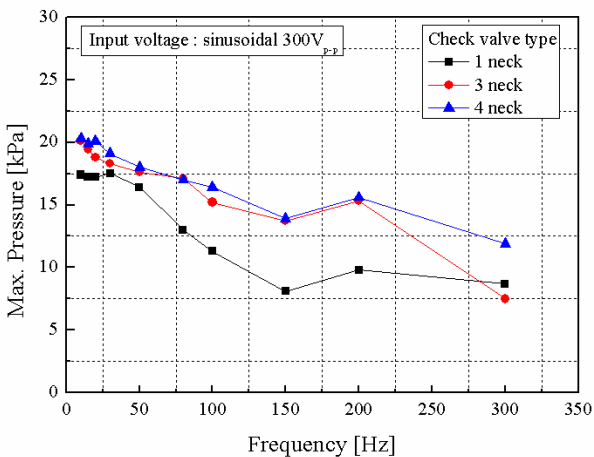


Fig. 6 Maximum output pressure characteristics

체크밸브가 1 목형인 경우 구동주파수 15Hz 에서 5.2kPa, 150Hz 에서 7.1kPa 의 최대압력이 발생하였으며, 4 목형인 경우 구동주파수 15Hz 에서 10.1kPa, 150Hz 에서 8.8kPa 의 최대

압력을 보였다. 압력특성은 4 목형의 경우가 우수한 특성을 보였다.

Fig.7 은 압전펌프의 압력-유량특성(P-Q)을 나타낸다.

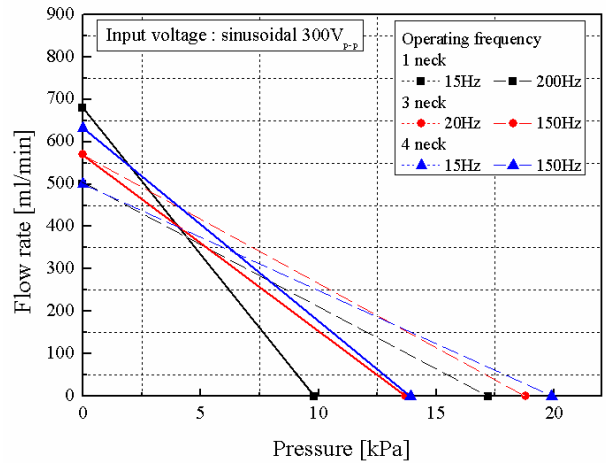


Fig. 7 Load characteristics

압력-유량특성 그래프를 분석하여 압전펌프의 최대 출력을 검토하면 다음과 같다. 체크밸브 형상이 1 목형인 경우 최대출력은 구동주파수 15Hz 에서 35.8W, 200Hz 에서 27.7W 를 나타냈으며, 3 목형의 경우 구동주파수 20Hz 에서 44.6W, 150Hz 에서 32.5W 의 최대출력을 보이고, 4 목형의 경우 구동주파수 15Hz 에서 41.4W, 150Hz 에서 36.6W 의 최대 유체동력을 발생시킬 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 고발열 전자부품의 액체냉각을 위한 냉매 순환용 압전펌프를 설계 및 제작을 하였으며, 특성실험을 수행하여 펌프의 성능을 검토하였다. 또한 체크밸브의 형상 별(1 목형, 3 목형, 4 목형) 적용을 통한 펌프의 특성변화를 살펴보았다. 향후, 압전펌프의 펌핑챔버의 크기변화에 따른 특성변화와 유체의 입·토출에 따른 압전소자의 모드 변화 및 체크밸브의 주파수 특성, 고발열 전자장비에 실장하여 시스템 방열성능에 관한 검토를 수행할 예정이다.

참고문헌

1. Intel Pentium 4 data sheet. Tech. Rep [Online], Available : <http://developer.intel.com>.
2. J. Lee, "A Macro Cooling Solution With Micro-Nano Technology", LED Seminar2006, LEDExp0, 2006.
3. William S. Oates, Lisa D. Mauck and Christopher S. Lynch, "PZT piston driven hydraulic pump development", IEEE International Symposium an Applications of Ferroelectrics, 2, 733-736, 2000.
4. Xing Yang, Zhaoying Zhou, Hyejung Cho and Xiao Luo, "Study on a PZT-Actuated Diaphragm Pump for Air Supply for Micro Fuel Cells", Sensor and Actuators, 130-131, 531-536, 2006.
5. Y.Ham, J.Song, S.Yun and K.Ahn, "Fabiactions and Experiments of PZT Pump for Cooling water Circulation in 1kW PEMFC System", ICE-2005, International Conference, 2005.
6. Vishal Singhal, Suresh V Garimella and Arvind Raman, "Microscale Pumping Technologies for Microchannel Cooling Systems", American Society of Mechanical Engineers, 57, 191-221, 2004.