

이중 벨로우즈를 갖는 팽창밸브의 특성

Expansion valve with a double bellows structure

*#윤소남¹, 함덕용¹, 정병홍²

*#S. N. Yun(ysn688@kimm.re.kr)¹, D. Y. Ham¹, B. H. Jeong²

¹ 한국기계연구원 나노기계연구본부, ²(주)그린산업

Key words : Expansion Valve, Double Bellows, Air conditioner, Poppet Valve

1. 서론

공기조화기는 열역학 순환 원리를 이용하여 실내온도와 습도를 일정한 상태로 제어하는 기기를 지칭하며, 학술적 분류로는 냉동 또는 극저온이 같은 범주에 해당된다. 종래의 중앙집중형 또는 단일구조형 공기조화기의 경우에는 개별 공간별로 일정 유량 제어방식 기구가 적용되었지만, 최근 시장에 출시되는 냉동공기조화 관련 기기 또는 설비들은 서로 다른 공간을 개별적으로 가변 제어할 수 있다. 종래의 일정 유량 제어방식 공기조화기는 냉난방 부하가 시시각각으로 변할 경우에는 별도의 바이패스 회로를 구성하여 부하 변동에 대응하였으며, 이와 같이 별도의 증가된 배관 회로는 면적에 상응하는 에너지 비용 상승을 초래하고, 열효율의 손실을 가져온다.

종래의 공기조화기에 적용된 모세관 튜브 또는 감온식 다이어프램 블록은 팽창기구의 일종이다. 모세관 튜브는 교축부의 면적이 고정된 오리피스 구조로 이루어져 있고, 교축부의 면적이 항상 일정하므로 이송 가능한 유량이 한정되어 있으며, 감온식 다이어프램 블록은 유로를 볼 또는 니들을 이용하여 교축할 수 있다. 그러나, 다이어프램은 탄성 변형의 정도에 한계가 있고, 감온튜브가 주위 온도의 영향을 받아 외란이 일어나기 쉽다. 상기 기술한 단점을 보완하기 위하여 공기조화기 설계자들은 공기조화기 내에 흐르는 유량을 선형적으로 가변 제어할 수 있는 부품을 설계하였다.

전자식 팽창밸브는 냉동/공기조화기에 적용되는 비례 유량 제어밸브의 일종이다. 소형 모터를 이용한 방식의 팽창밸브를 전동식 팽창밸브라고도 지칭한다. 솔레노이드를 이용한 PWM 방식의 비례제어밸브도 전자식 팽창밸브에 포함되지만, 솔레노이드 PWM 방식은 별도의 제어기구를 구성해야 하므로, 완성품 제조과정에서 비용상승의 원인이 된다. 이 논문에서 대상으로 하는 전자식 팽창밸브는 소형 스텝모터를 채용한 구조로서, 스텝모터와 감속기어와 벨로우즈가 조합된 전자식 팽창밸브가 가지는 정·동 특성을 분석하였다. 분석되어진 특성 내용을 토대로 하여 새로운 국산화 모델의 형태가 제안되었다.

2. 전자식 팽창밸브의 구조

스텝모터가 내장된 전자식 팽창밸브의 형상과 구조는 Fig.1 과 같다. 밸브 유로는 직각으로 방향을 바꾸어서 흐르게 되어있으며, 밸브 내부의 가변 유로는 포켓, 밸브몸체와 일체형으로 된 밸브시트의 조합으로 이루어져 있다. 포켓의 바깥쪽 원주면에는 압력이 제거되면 포켓을 개방상태로 복귀시키기 위한 벨로우즈가 구성되어 있다. 그리고 포켓의 상부에는 밸브 구동부의 회전력을 전달받아 감속된 직선운동으로 전환해주는 감속기어와 출력축이 위치한다. 밸브 구동부의 스텝모터는 4 상의 펄스 신호가 90 도의 위상차를 가지고 1 개의 스텝으로 작동되는 방식이며, 제어에 필요한 펄스의 총량은 2000 펄스 이하이다. 감속기어부는 4 개의 기어로 구성되어 있고, 이중에서 2 개는 협소한 공간 내부에서 효과적인 감속을 위하여 다단기어 형태로 제작되어 있다.

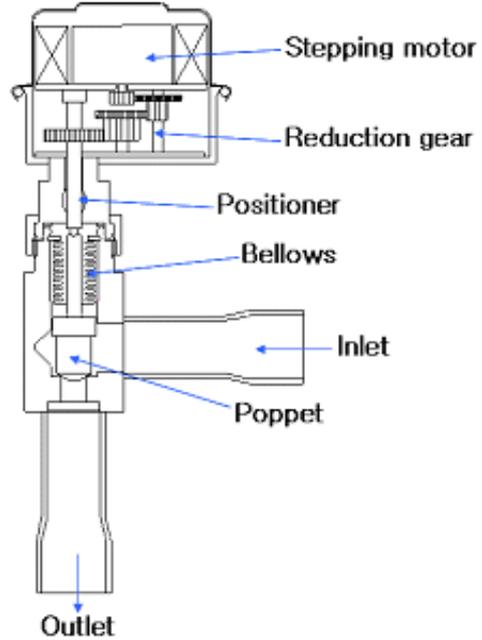


Fig. 1 Schematic of electronic expansion valve

3. 신모델 밸브 제안

이 논문에서는 기존 팽창밸브에 적용된 단일 주름형 벨로우즈의 응력 대비 변형량에 대한 시뮬레이션을 실시하였다. Fig. 2 는 기존 팽창밸브의 변위특성 해석모델을 보이는 것으로 보여 지는 것처럼 이론적으로 벨로우즈의 상부를 접합 고정된 것처럼 가정하고 포켓의 상부에 스텝모터로부터 미리 측정된 전진 추력(256N)에 상응하는 등가의 힘을 가하였다. 해석에 설정한 벨로우즈의 규격은 10x0.25t 이고, 재질은 Phosphor bronze 10% UNS C52400 으로 하였다. Poppet 과 Valve Body 의 재질은 Ferrite Stainless Steel 로 설정하였다. Meshing 을 위한 요소 분할 크기는 0.32~0.29[mm] 로 하였다.

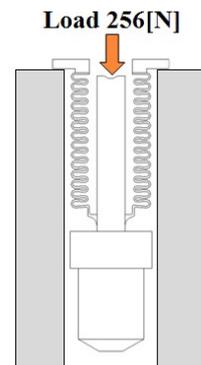


Fig. 2 Analysis model of conventional type valve

Fig. 3 에서 보여지듯이 해석 결과 기존 전자식 팽창밸브의 벨로우즈는 256[N]의 전진 추력을 받으면 1.42[mm]의 변위가 발생하는 것으로 확인되었다.

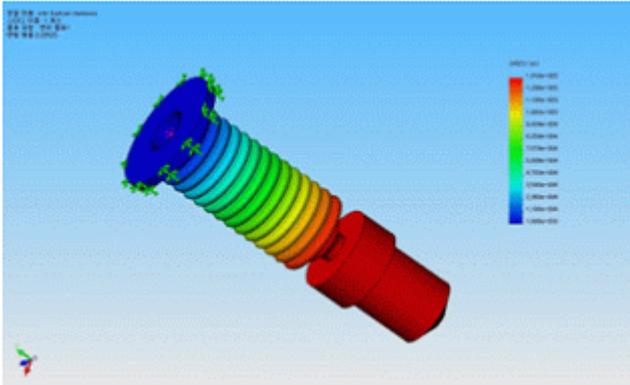


Fig. 3 Analysis result of conventional type valve

기존 전자식 팽창밸브는 유로 개방과 폐쇄 사이의 히스테리시스 측정값이 약 $\pm 8.8\%$ 정도로 상당히 크게 나타난다. 이것을 개선하기 위하여 Fig. 4 에서 보이는 것처럼 원통부를 사이에 두고 이중 벨로우즈를 구성하였다. 벨로우즈의 주름이 줄어들므로써 변위가 축소되는 것을 보완하기 위해서 밸브 몸체부와 벨로우즈의 직경 부위를 $\phi 16.8$ 까지 확대하였다.

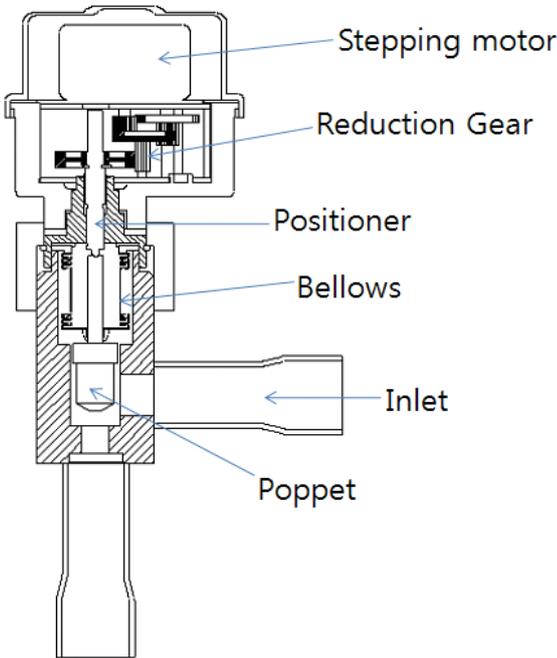


Fig. 4 Suggested model for expansion valve

Fig. 4 의 해석은 Fig. 2 에서 보여지는 방식처럼 벨로우즈의 상부를 집합 고정된 것처럼 가정하고 포펫의 상부에 전진 추력과 등가의 힘을 가하였다. 해석에 설정한 벨로우즈의 규격은 $\phi 16.8 \times 0.25t$ 이다. 벨로우즈와 포펫의 재질은 기존 모델과 동일하고, 해석조건 역시 동일하다.

Fig. 5 에서 보여지듯이 해석 결과 확대된 직경의 이중 벨로우즈를 가지는 전자식 팽창밸브의 벨로우즈는 256[N]의 전진 추력을 받으면 1.3[mm]의 변위가 발생하는 것으로 확인되었다. 이 결과는 기존 모델의 1.42[mm]와 비교하면 91.55% 정도이다. 가동변위가 0.7[mm] 이내로 규정되어 있기 때문에 제안모델에 문제가 없는 것으로 사료된다.

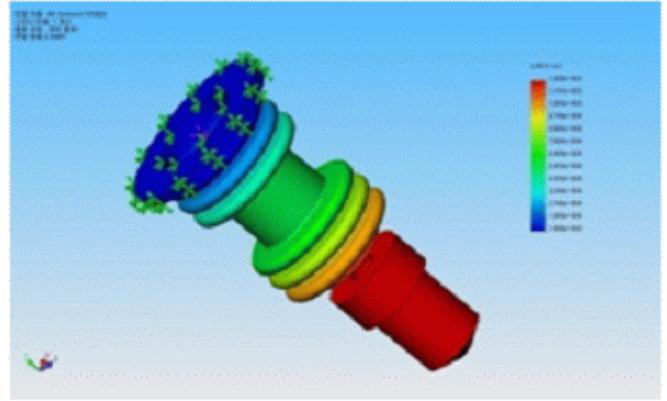


Fig. 5 Analysis result of suggested model

4. 결론

스텝모터로 구동되고, 스텝모터와 감속기어가 결합된 형태의 전자식 팽창밸브는 작은 회전력을 전달하여 상대적으로 큰 전진 추력을 얻을 수 있으며, 그리고, 스텝모터와 감속기어의 감속비에 의해서 가변 유체 통로를 보다 더 고정밀도로 제어하여 여단을 수 있는 효과적인 비례 유량제어 기구이다. 그러므로, 전자식 팽창밸브의 유체 통로 제어의 정밀도를 향상시키기 위하여 벨로우즈의 주름을 대향적 이중 주름으로 하여도 필요로 하는 밸브 변위를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 이중 주름의 벨로우즈 특성을 이용하여 기존 전자식 팽창밸브의 히스테리시스를 개선할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Lee. Y.T., Kim. Y.C., Park. Y.C., Kim. M.S., "Capacity Modulation of an Inverter Driven Heat Pump with Expansion Devices," International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration, Vol. 8 No. 2 pp.60~68, 2000.
2. Mark W. Fly, P.E., "Head Pressure Control," Director of Engineering Governair Corportion, 2005.
3. Kuan-Hsiung Yang, Ruey-Lung Hwang, "An improved assessment model of variable frequency-driven direct expansion air-conditioning system in commercial buildings for Taiwan green building rating system," ELSEVIER, 42 (2007) 3582-3588, 2006.
4. Veerendra Mulay, Amit Kulkarni, Dereje Agonafer, "Effect of the Location and the Properties of Thermostatic Expansion Valve Sensor Bulb on the Stability of a Refrigeration System," ASME, Journal of Heat Transfer, January 2005, Vol. 127 / p85 ~96, 2005.
5. 윤소남, 함덕용, 함영복, 박중호, 정병홍, "스텝모터방식 에어컨용 선형밸브," 대한기계학회, 2007 추계학술대회, p1149~1154, 2007.
6. 윤소남, 함덕용, 김동건, 박중호, 이근우, "스텝모터 구동방식 전자밸브의 유로개폐 특성," 한국정밀공학회, 2008 춘계학술대회, p763~764, 2008.