

전기차용 전자식 다기능 정밀 제어 밸브 유동 해석

봉선우*, 이현균*, 신정훈*, 홍태호**, 김준태**

*한국자동차연구원

**동일기계공업

e-mail:swbong@katech.re.kr

Flow analysis of electronic multifunction precision control valve for electric vehicle

Seon-Woo Bong*, Heon-Kyun Lee*, Jeong-Hoon Shin*, Tea-Ho Hong**

*Korea Automotive Technology Institute

**Dongil Machinery Company

요약

본 논문에서는 전기차용 냉난방 시스템에 적용하기 위한 정밀 제어 밸브로 에어컨/히트 펌프의 팽창 밸브 기능과 다유로 밸브, 체크 밸브 등의 기능을 하나의 밸브로 대체하여 적용할 수 있는 전자식 정밀 제어밸브로 해석을 통해 개도별 유동 특성을 알아보았다.

1. 서론

최근 냉매 라인 공유를 위한 히트펌프 시스템과 배터리 냉각시스템 등의 통합으로 인해 열관리 시스템의 구조가 매우 복잡하게 구성되고 있다. 따라서 다양한 작동 모드에 맞춰 냉매/냉각 유로를 선택적으로 제어해야 하는 다수의 제어 밸브 적용이 요구되는 실정이다. 본 연구에서 개발하고자 하는 정밀 제어밸브는 볼의 회전으로 면적 제어를 적용하여 Full open에서 Full Closed 까지 유로 단면적을 정밀하게 제어할 수 있다. 또한, 유로의 차단 및 전환, 팽창 기능을 하나의 밸브에서 제어하는 것이 가능하다.

본 연구에서는 밸브의 개도에 따른 유동 특성 및 유량을 해석을 통해 알아보았다..

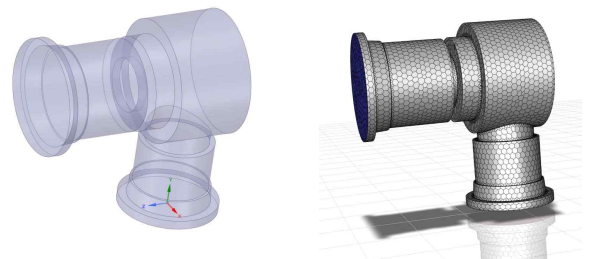
2. 본문

2.1 유동해석 모델 및 조건

유동 해석 모델은 [그림 1]에 나타내었고, 해석 조건은 아래 [표 1]에 나타내었다. 입구 조건은 30bar의 압력이 인가되며 출구 조건은 대기압 조건으로 설정하였다. 난류 모델은 Realizable K-epsilon 모델을 사용하였고, 입구는 [그림 1]에서 z축 왼쪽 방향이며, 출구는 y축 아래 방향이다. 해석에 사용된 메쉬의 개수는 약 7.5만개를 사용하였다.

[표 1] 유동 해석 조건

Inlet	Outlet	Viscous Model
30 bar	Atmospheric pressure	Realizable k-epsilon



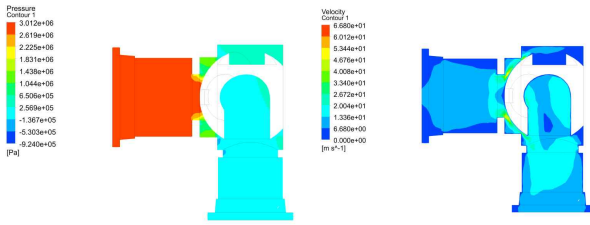
(a) 해석 모델

(b) 메쉬 모델

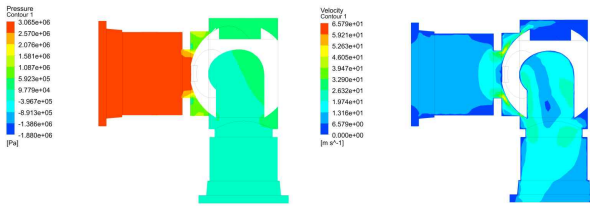
[그림 1] 유동 해석 모델

2.2 유동해석 결과

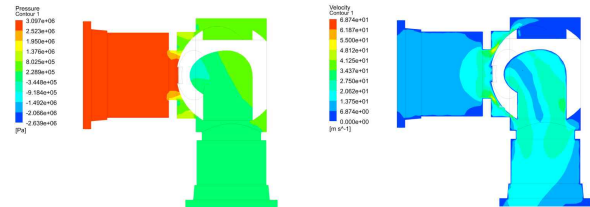
유동 해석 결과를 아래 [그림 2]에 나타내었다. 해석에 사용된 모델은 총 8가지이며, 볼 밸브 각도 58.5도부터 118도까지 8.5도씩 볼 밸브 위치를 변경해가며 모델을 구성하였다. 볼 밸브 58.5도에서 유로는 가장 적은 면적을 구성하며, 118도에서 유로 면적이 최대로 구성된 모델이다.



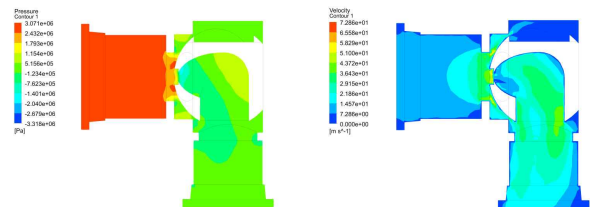
<Pressure Contour> <Velocity Contour>
(a) 58.5도



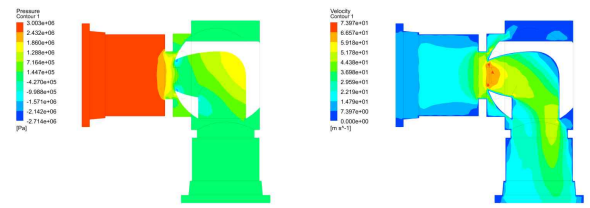
<Pressure Contour> <Velocity Contour>
(b) 67도



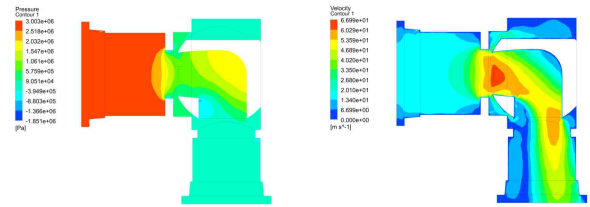
<Pressure Contour> <Velocity Contour>
(c) 75.5도



<Pressure Contour> <Velocity Contour>
(d) 84도



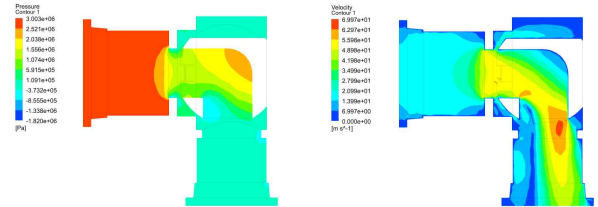
<Pressure Contour> <Velocity Contour>
(e) 84도



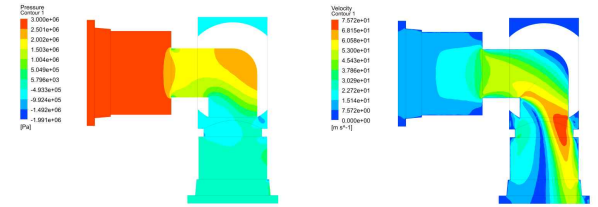
<Pressure Contour> <Velocity Contour>
(f) 92.5도



<Pressure Contour> <Velocity Contour>
(f) 101도

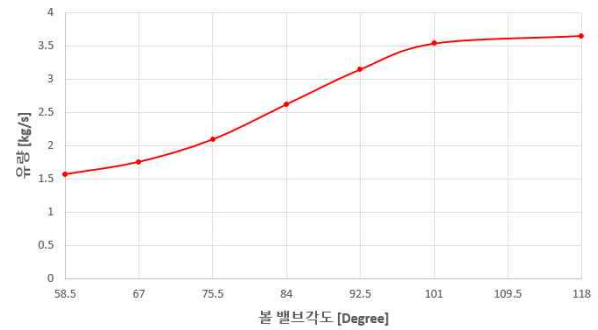


<Pressure Contour> <Velocity Contour>
(g) 109.5도



<Pressure Contour> <Velocity Contour>
(h) 118도

[그림 2] 유동 해석 결과



[그림 3] 유동 해석 유량 결과 그래프

볼 밸브 각도 변화에 따른 유량 결과를 [그림 3]에 그래프로 나타내었다. 볼 밸브 각도가 커질수록 유량이 증가하는 경향을 나타내었으며, 그 기울기는 101도 이후부터 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다. 속도 크기도 볼 밸브 각도 변화에 따라 최대 속도가 발생하는 위치가 상이하며, 101도 이전에는 볼 밸브 내부 유로 구간에서 유동의 최대 속도가 발생한 반면 101도 이후에는 볼 밸브 후단에서 유동의 최대 속도가 발생하였다. 이는 Full Open에 가까울수록 유로 면적이 증가하므로 속도가 감소것으로 판단된다.

3. 결론

전기차용 전자식 다기능 정밀 제어 밸브의 유동 해석을 진행하여 유동 특성을 알아보았다. 볼 밸브 각도 변화에 따른 유량 변화와 압력 및 속도 변화를 확인하였다. 볼 밸브 각도가 커질수록 유량은 증대되었으며, 일정 각도(109.5도) 이후 유량의 증가 폭이 급격히 감소하는 구간을 찾아 설계점 도출에 참조하였다. Full Open에 가까울수록 유로 면적이 증가하여 볼 밸브 후단에서 유동의 최대 속도가 발생하였으며, 입구

에서부터 흐른 유동은 볼 밸브 모서리 부근과 충돌 후 유동 방향이 전환되므로, 압력 손실이 발생하는 것을 확인하였다.

4. 후기

본 연구는 중소벤처기업부의 중소기업 지원 선도연구기관 협력기술개발사업(E-GMP(Electric-Global.Modular.Platform) 기반 준중형 전기차용, 냉난방 겸용 3-way, 양방향 동시 기밀 및 팽창 기능의 정밀 제어 밸브 개발, 과제번호 : S3027922)의 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

- [1] 봉선우, 이현균, “센서 일체형 구조를 갖는 전자식 에어컨 팽창밸브의 유동 해석”, 한국자동차공학회 추계학술대회, pp. 797-801, 2019년.
- [2] 이용훈, 고진욱, 김홍집, “유동해석을 통한 스마트 제어밸브 학습 및 성능평가용 프로파일 모델링”, 한국전산유체공학회지, 제 22권 4호, pp. 36-41, 2017년.
- [3] 권준영, 오승준, 최정주, 김용기. “이동식 수소 충전 장비용 수소 밸브의 유체 온도 변화에 따른 유동 특성의 수치해석적 연구”, 한국수소 및 신에너지학회논문집, 제 33권 6호, pp. 769-775, 2022년.